Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aufsen

von

Rudolf Marloth.

(Mit Tafel V.)

Einleitung. — Specieller Theil. — Allgemeiner Theil. — Verzeichniss der benutzten Literatur. — Verzeichniss der vorkommenden Pflanzen. — Erklärung der Abbildungen.

Die Anatomie der Samenschale ist ein im allgemeinen ziemlich wenig durchforschtes Gebiet. Zwar haben uns besonders die Arbeiten von Lohde[1]) (27), Fickel (8), Chatin (5), Sempolowski (36), Strandmark (37), v. Höhnel (16—22), Bachmann (1) und Anderen das Verständniss des Baues der Samenschale einiger Familien genügend erschlossen, zugleich aber auch gezeigt, welch große Mannigfaltigkeit hier herrscht und wie viel noch der weiteren Forschung vorbehalten ist. Ich unterlasse es hier, eine historische Einleitung über das bisher Geleistete zu geben und verweise auf die ziemlich vollständige Zusammenstellung der einschlägigen Literatur bei Lohde und Fickel, sowie auf die von Bachmann dazu gegebenen Ergänzungen.

Die meisten der bisherigen Untersuchungen wurden zwar entwickelungsgeschichtlich, aber doch vom rein anatomischen Standpunkte aus angestellt und zwar in der richtigen Erkenntniss, dass gerade bei den Samenschalen eine morphologisch-anatomische Deutung der vorgefundenen Schichten nur nach Kenntniss ihrer Entwickelung möglich sei. Mir kam es nun bei meinen Untersuchungen nicht darauf an, die morphologische Bedeutung der einzelnen Schichten klar zu legen, sondern ich versuchte ihre physiologische und biologische zu ergründen, und desshalb beschränkte ich mich auf die Untersuchung der reifen Samen. Die Samenschale[2]) kann, abge-

1) Um die Anmerkungen mit Quellenangaben nicht fortwährend wiederholen zu müssen, habe ich am Schlusse dieser Arbeit eine Zusammenstellung derjenigen Schriften gegeben, auf welche ich mich beziehe. Die Zahlen, welche ich neben die Autoren- und Pflanzennamen setze, entsprechen den Nummern jenes Verzeichnisses.

2) Wie bei ähnlichen Arbeiten Andere, z. B. Haberlandt (12 p. 3) schon gethan haben, so gebrauche ich das Wort »Samenschale« hier nicht im wissenschaft-

sehen von den Einrichtungen daran, welche der Verbreitung des Samens dienen, nur den Zweck haben, den Keim so lange zu schützen, bis er stark genug ist, selbständig den Angriffen zu widerstehen, welchen er ausgesetzt ist. Ich spreche hier nur von dem ruhenden Samen und lasse die Einrichtungen, welche bei der Keimung desselben eine Rolle spielen, z. B. die quellenden Schichten der Samenschale, unberücksichtigt. Dieser Schutz ist gerichtet gegen mechanische Verletzungen und gegen die Einflüsse der Witterung, der Atmosphäre und vielleicht auch des Lichtes. Dass der Zutritt der Luft nicht ohne Einfluss auf die Keimfähigkeit bleibt, hat Haberland (12) an Hanfsamen nachgewiesen. Die Einflüsse der Witterung, soweit sie sich aus der Temperatur herleiten, sind für ruhende Samen jedenfalls unbedeutend, denn die Widerstandsfähigkeit derselben gegen bedeutend höhere Wärme- und Kältegrade, als sie auf der Oberfläche der Erde vorkommen, ist durch Versuche nachgewiesen [Decandolle (6); v. Höhnel (21); Wartmann (38)].

Was dagegen große Trockenheit oder die längere Einwirkung von Wasser anbelangt, so weiß man, dass durch diese Einflüsse in vielen Fällen die Keimfähigkeit beeinträchtigt wird. Der schnelle Verlust der Keimfähigkeit einiger Samen, z. B. bei den Weiden, ist jedenfalls auf Veränderungen zurückzuführen, welche durch das Austrocknen eintreten. Dass längere Einwirkung von Wasser die Keimfähigkeit vieler Samen zerstört, wissen wir aus den Erfahrungen der Landwirthe und aus direct angestellten Versuchen, z. B. denen von Zöbl (42). Immerhin ist der Einfluss des Wassers ein verhältnissmäßig geringer, denn die meisten Samen widerstehen ihm einige Zeit, so lange nicht durch gleichzeitige Einwirkung von Wärme die Entwickelung des Keimes angeregt wird.

Es bleibt somit die hauptsächlichste Function der Samenschale die, den Keim gegen äußere Beschädigungen zu schützen, welche ihm bei der Verbreitung, bei der Ruhe im Boden oder durch die Angriffe der Thiere zugefügt werden können. Es ist nun die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, einige Beziehungen klar zu legen, welche nach dieser Richtung zwischen dem Bau und der Function der Samenschale bestehen.

Die Gruppirung des im Laufe der Untersuchung gewonnenen Materials habe ich nicht nach rein anatomischen Gesichtspunkten vorgenommen, sondern es ist für mich die Art und Weise maßgebend gewesen, auf welche der Samen den Schutz des Keimes erreicht. Bachmann (p. 172) spricht von der Strandmark'schen Regel, dass »die fehlende Schutzschicht der Testa durch eine ungewöhnlich feste Consistenz des Eiweißes oder des Embryo's ersetzt werde« und führt aus seinen Untersuchungen bei Scrophu-

---

lichen Sinne, sondern in dem des gewöhnlichen Sprachgebrauchs, ohne Rücksicht darauf, ob die betreffenden Theile aus den Integumenten, aus dem Fruchtknoten oder aus andern Theilen der Blüte hervorgegangen sind, denn für die zu erzielende Schutzwirkung ist die Abstammung der schützenden Organe ohne Belang.

larineen bestätigende Beispiele an. Strandmark hat aber gar nicht eine solche Regel ausgesprochen, sondern er giebt in der Anmerkung »Frönas hårdhet beror på fröhvitans eller groddens ovanligt fasta konsistens« nur die Erklärung für die dem nicht damit Vertrauten vielleicht merkwürdige Erscheinung, dass die drei von ihm erwähnten Samen, welche keine feste schützende Schale besitzen, dennoch hart sind. Es war das vorsichtig, aber auch gerechtfertigt, denn es giebt, wie wir weiter unten sehen werden, Samen ohne schützende Schale, welche entweder gar kein oder doch nur ein zartwandiges Eiweiß besitzen, ohne dass dann die Samenlappen aus dickwandigen Zellen beständen. Im Allgemeinen freilich trifft diese Regel zu, denn das Eiweiß übernimmt bei Abwesenheit einer schützenden Schale häufig die Function des Schutzes des Keimes und besteht dann aus mehr oder weniger dickwandigen Zellen. Ich habe diese Beziehung zwischen dem Bau und der Function des Eiweißkörpers für wichtig genug gehalten, um sie bei der Bildung der folgenden fünf Gruppen zu benutzen. Diese Gruppen sind allerdings nicht streng geschieden, sondern sie zeigen einzelne Übergänge, im großen Ganzen aber heben sie sich doch ziemlich deutlich von einander ab.

Bei meinen Untersuchungen beschränkte ich mich auf die Pflanzen der deutschen Flora, nur selten andere hinzunehmend. Da es mir indess nicht möglich war, von allen die Samen zu untersuchen, und ich von dem verschiedenen Bau der Samenschale selbst nahe verwandter Arten zahlreiche Beispiele kennen gelernt habe, so betone ich, dass ich beim Gebrauch von Gattungs- und Familiennamen in dieser Arbeit immer nur die Arten im Auge habe, welche in dem beigefügten Verzeichnisse aufgeführt sind.

Was die Präparir-Methode anbelangt, so habe ich von den meisten Samen nach dem Einweichen in Wasser oder Kalilauge genügende Schnitte in den drei Richtungen erhalten können. Bei den vielen sehr kleinen Samen musste ich den etwas umständlicheren Weg einschlagen, sie erst in Gummischleim eintrocknen zu lassen, dem ich etwas Glycerin zugesetzt hatte, um das Herausspringen der harten Samen aus der sonst zu spröden Masse beim Schneiden zu verhüten. Genügten Längs-, Quer- und Flächenschnitte nicht zum Verständniss des Baues, so macerirte oder kochte ich die Schnitte oder auch nur Bruchstücke der Samenschalen in Salpetersäure oder Schulze'scher Mischung und gewann dann durch Rollen der isolirten Zellen unter dem Deckglase genügenden Aufschluss über ihre Gestalt.

Die Untersuchungen wurden meist mit der Combination D $\times$ 2 (Zeiß) angestellt, nur in seltenen Fällen war es nöthig, System F anzuwenden. Die Zeichnungen sind, wo es nicht anders angegeben, mit Hilfe des Zeichenprismas bei der gleichen Vergrößerung angefertigt.

A. Specieller Theil.

1. Gruppe.

Die Samenschale ohne schützende Elemente. Eeiweiss fehlend oder rudimentär.

Orchideen. Die Samen sind sehr klein, etwa 1 mm. lang. Die aus nur einer Zelllage bestehende Samenhaut umschließt den 0,1 mm. bis 0,15 mm. Durchmesser haltenden, kugeligen Keim nur lose. Die Zellen derselben sind groß, die Wände zart, schwach gestreift, nur die radialen Wände ein ein wenig verdickt.

Parnassia. Die Samen sind etwas größer, etwa 2 mm. lang. Sie sind ähnlich gebaut. Die Zellen der den Keim locker umschließenden Haut haben auch zarte Außen- und Innenwände, nur die radialen sind etwas verdickt.

Epilobium. Samen klein, 1 bis 2 mm. lang. Die Samenschale besteht aus zwei bis drei Lagen dünnwandiger Zellen.

Tamarix. Samen klein. Die Samenschale besteht aus einer Lage zartwandiger Zellen.

Salix und **Populus.** Die Samenschale ist ein zartes Häutchen. Die Zellen der Epidermis sind nach außen stark gewölbt und gegen Collabiren durch halbkreisförmige Verdickungsfasern geschützt, welche mit ihren Enden auf der Innenwand (Fig. 1) aufstehen, an dieser selbst aber fehlen, sodass jede Zelle einer in der Längsrichtung halbirten Tonne gleicht, welche die Reifen innen statt außen trägt.

Sagittaria. Die Früchtchen sind größer als die bisher erwähnten Samen. Der hakenförmig gekrümmte Keimling liegt in einem reichlich entwickelten, großzelligen, aber zartwandigen Gewebe, welches rings um ihn her einen breiten Flügel bildet.

Tropaeolum (37). Das Pericarp der Theilfrüchtchen besteht aus mehreren Lagen großer, dünnwandiger, zusammengefallener Zellen. Die Samenlappen sind sehr hart. Sie bestehen aus porös verdickten Zellen, deren Wände auf dem Querschnitte wie Perlschnüre erscheinen, da die stärkeren und schwächeren Stellen regelmäßig abwechseln.

Impatiens (27, 37). Die Samen sind feinwarzig. Die Schale besteht aus einer Epidermis, einer darunter liegenden Schicht schwach verdickter und mehreren Lagen zarter, zusammengefallener Zellen. Die Zellen der Epidermis sind papillenartig vorgewölbt. Ihre Außenwand ist mit einer schwachen, netzförmigen Verdickungsschicht belegt, wodurch diese Zellen gegen Collabiren geschützt sind.

Übersicht.

Betrachten wir die relativ geringe Zahl von Pflanzen, deren Samen eines Schutzes gegen äußere Verletzungen ermangeln, indem wir Tropaeolum und Impatiens vorerst bei Seite lassen, so ergiebt sich dabei zuerst, dass diese Samen auf Verbreitung durch den Wind eingerichtet, also nicht etwa der Verbreitung durch Thiere angepasst sind. Die *Orchideen* (auch die vielen von mir nicht untersuchten Arten erscheinen ebenso gebaut) und *Parnassia* erleichtern ihre Verbreitung vermittelst der den Keim lose umgebenden, wie ein Flügel wirkenden Samenhaut; *Sagittaria* durch den wirklichen Flügel, die übrigen durch Haare. Dann sind diese Samen sehr klein, die der Orchideen sogar so klein, dass sie dem Auge wie feiner Staub erscheinen. Gegen Thiere sind sie dadurch wohl genügend geschützt. Dazu kommt, dass diese Pflanzen an feuchten Standorten wachsen. Die Gefahr des Austrocknens kommt also nicht in Betracht; denn die Samen, welche auf trocknen Boden fallen, können ja doch nicht zur Entwicklung gelangen. Am deutlichsten spricht sich das bei den Weiden- und Pappelsamen aus. Dieselben behalten ihre Keimfähigkeit höchstens 14 Tage [Wichura (39); Winkler (40)], keimen aber auf feuchtem Sande schon wenige Stunden nach ihrer Aussaat. Hier wäre eine Schutzvorrichtung überflüssig, denn entweder der Same gelangt bald auf feuchtes Erdreich und keimt, oder aber er geht infolge des Austrocknens auf jeden Fall zu Grunde, auch wenn er Schutzmittel gegen mechanische Verletzungen besäße. Die Wasserversorgung ist in diesem Falle noch durch die Epidermiszellen unterstützt, denn da dieselben nicht collabiren, so können sie sich, wenn auch langsam, mit Wasser füllen und dieses bei einem für kürzere Zeit erfolgenden Austrocknen der Stelle, wo der Same keimt, dann an den Keim abgeben.

Eine besondere Ausnahme von dem Gesagten bilden freilich *Sagittaria*, *Impatiens* und *Tropaeolum*. Die Früchtchen von *Sagittaria* sind darauf eingerichtet, entweder auf dem Wasser zu schwimmen oder durch den Wind in andere Gewässer geführt zu werden. Sie scheinen dabei keines Schutzes zu bedürfen. Die Samen von *Impatiens* sind durch schwach verdickte Zellen etwas geschützt und wird auch hier wohl ein weiterer Schutz unnöthig sein, da die *Impatiens*-Arten feuchte, schattige Standorte lieben, und die Samen also kaum noch Angriffe zu befürchten haben, nachdem sie von der Pflanze weggeschleudert worden sind. Bei *Tropaeolum* haben wir den seltenen Fall, dass die Samenlappen selbst aus dickwandigen Zellen bestehen, um das zwischen ihnen liegende Würzelchen zu schützen.

2. Gruppe.

Schützende Elemente in der Schale fehlend oder gering. Eiweiss reichlich entwickelt, aus dickwandigen Zellen bestehend.

Hierher gehören einmal fast alle **Liliaceen**, **Smilaceen** und **Irideen.** Die Samenschale besteht aus einem zusammengedrückten Gewebe, welches von einer Epidermis überzogen ist, deren Außenwand lederartig und etwas verdickt ist. Nur bei einigen wenigen, z. B. *Asphodelus albus* ist die Außenwand der Epidermiszellen fest und hart geworden. Das Eiweiß besteht aus dickwandigen, meist porösen Zellen (Fig. 2), ähnlich dem bekannten Beispiele von *Phytelephas gigantea* und *Phoenix dactylifera*, nur dass hier die Zellen nicht so lang gestreckt sind. Die Wandstärke übertrifft noch manchmal die von *Phoenix* (12—15 mik. m.), denn bei *Iris silvatica* z. B. beträgt dieselbe 25—30 mik. m.

Colchicum. Die Samenschale besteht aus mehreren Lagen dünnwandiger Zellen. Das Eiweiß aus sehr dickwandigen porösen Zellen.

Veratrum. Die Samen sind geflügelt. Die Epidermis besitzt eine etwas verdickte Außenwand. Unter der Epidermis befindet sich dünnes Parenchym. Das Eiweiß ist dickwandig, sehr porös, ähnlich dem Gewebe der Samenlappen von *Tropaeolum*.

Viscum. Der feste Kern der Beere wird von dem Eiweißkörper gebildet, welcher den Keim einschließt. Das Eiweiß besteht aus gleichmäßig verdickten Zellen; die Außenwand desselben ist 8 bis 9, die Zwischenwände sind 5 bis 6 mik. m. stark.

Thesium (34). Der reife Same besteht aus dem nackten Eiweiß, welches den Keim einschließt.

Hedera Helix. Die Frucht ist eine mehrfächrige Beere. Die Samenschale ist eine zarte Haut. Die Epidermiszellen sind meist gänzlich von einer proteinartigen Masse angefüllt, welche sich gegen Reagentien wie die Krystalloide der Paranuss verhält (Nägeli 30). Das Eiweiß ist faltig. Die Zellen dickwandig (4—5 mik. m. stark).

Eranthis. Die Samenschale ist ein dünnes Häutchen, welches aus zartwandigen Zellen besteht. Das Eiweiß besteht aus etwas dickwandigen, nicht porösen Zellen.

Umbelliferen. Die meisten besitzen keine Hartschicht, doch sind die Gefäßbündel gewöhnlich mit Bastbündeln belegt. Bei einigen Arten finden wir eine zusammenhängende Hartschicht, wie sie schon Kraus (25) bei *Coriandrum* gefunden, ich noch bei *Oenanthe* und *Hydrocotyle*, während ich die bei *Aethusa* von Kraus auch als Hartschicht bezeichneten Zellen nicht als Schutzmittel in Anspruch nehmen mag, sondern ihnen eher eine Rolle bei der Verbreitung der Früchtchen durch den Wind zuschreibe, da sie

nicht dickwandig und nur durch Spiralfasern gegen Collabiren geschützt sind. Das Eiweiß ist dickwandig. Die Wandstärke beträgt bei *Foeniculum* 6, bei *Conium* 5, *Carum* 5 mik. m. durchschnittlich; dagegen bei denen, welche schon durch eine Hartschicht geschützt sind, weniger, nämlich bei *Oenanthe* 3, *Coriandrum* und *Hydrocotyle* 2,5 mik. m. *Astrantia major* hat eine Epidermis mit sehr starker Außenwand (12—14 mik. m.), doch dient dies hier nicht als Schutz- sondern als Flugvorrichtung. Die Epidermis ist nämlich an jeder Seite des Früchtchens zu zwei hohlen Flügeln ausgewachsen, welche durch diese starke Epidermis sowohl gegen Collabiren als Zerreißen geschützt sind.

Rubiaceen. Das Pericarp besteht aus zartwandigen Zellen. Nur die Epidermis hat eine etwas stärkere Außenwand. Bei *Rubia* ist das Pericarp saftig geworden. Das Eiweiß ist dickwandig, aber nicht so regelmäßig gebaut wie bei *Polygonatum* (Fig. 2). Bei *Sherardia* sind die Zellen ganz unregelmäßig verbogen.

Plantago. Die Samenschale von *Pl. major* besteht nur aus einer Reihe zartwandiger Zellen, deren Außenwand etwas stärker ist. Das Eiweiß ist dickwandig. Die Außenwand ist 7 mik., die Zwischenwände sind 3—4 mik. stark. Bei *P. Psyllium* und *P. Cynops* quellen die Verdickungsschichten der Epidermis in Wasser bekanntlich zu Schleim auf.

Scrophularineen (1). Der Bau der Samenschale ist ziemlich mannigfaltig. Das Eiweiß besteht aus polyedrischen, verdickten, meist porösen Zellen. Bei *Digitalis* z. B. ist die Außenwand 6—8 mik., die Zwischenwand zweier Zellen 3—4 mik. stark. Die Zellen der Samenschale sind fast ohne Verdickungen bei den meisten Arten von *Veronica* und *Melampyrum;* die radialen Wände der Epidermiszellen sind verdickt bei *Digitalis;* die Innenwand und die radialen Wände der innersten Zellschicht sind mit Verdickungsleisten belegt bei *Verbascum* und *Scrophularia;* die Innenwand und die radialen Wände der Epidermiszellen sind verdickt bei *Linaria*, *Mimulus* und *Pedicularis*. *Pedicularis* besitzt außerdem noch unter der Epidermis schwach verdicktes poröses Gewebe, ebenso *Euphrasia* und *Rhinanthus*. Eine verdickte Außenwand der Epidermiszellen hat *Antirrhinum Orontium*.

Orobanchen (23). Die Samenschale besteht aus einer Lage Zellen, deren Innen- und Seitenwände porös oder netzig verdickt sind. Am Mikropyle-Ende befinden sich unter dieser Schicht noch ein bis zwei Lagen zartwandiger Zellen. Das Eiweiß hat wie bei *Mimulus* eine starke Außenwand und schwächere Innenwände. *Lathraea* bildet hierzu einen gewissen Gegensatz. Die Samenschale besteht hier aus mehreren Reihen zartwandiger Zellen, welche mit Netzfasern belegt sind. Die Epidermiszellen sind ungleich hoch und bilden daher große Papillen. Das Eiweiß ist stark verdickt und sehr porös. Wandstärke 6—7 mik.

Primulaceen. Die Zellen der Epidermis sind groß und ragen papillenartig hervor, da die Außenwand stark gewölbt ist. Darunter liegt eine

Schicht kleiner, isodiametrischer Zellen, welche bis auf ein kleines Lumen verdickt sind, das von einem Kalkoxalat-Krystall ausgefüllt wird (Fig. 3). Unter dieser Schicht liegen zwei bis drei Reihen zarter, zusammengedrückter Zellen. Das Eiweiß besteht aus dickwandigen, porösen Zellen. Abweichungen hiervon finden sich bei *Cyclamen* (10), wo unter der Epidermis nur noch die Krystallschicht liegt, bei *Soldanella*, welches unter der Epidermis nur eine Reihe zarter Zellen besitzt und bei *Glaux*, welches überhaupt ganz anders gebaut ist und daher in der vierten Gruppe beschrieben werden wird.

Arum. Die Samenschale besteht aus großen, zarten, zusammengefallenen Zellen. Das Eiweiß wird außen von zwei bis drei Reihen sehr dickwandiger Zellen (die Außenwand erreicht eine Stärke von 30—40 mik., die Zwischenwände 15—20 mik.) und innen aus zartwandigen, Stärke führenden Zellen gebildet.

Drosera. Die Epidermis, deren Zellen ähnlich papillenartig vorgewölbt sind, wie die von *Impatiens*, besitzt eine etwas verdickte Außenwand. Das Eiweiß ist dünnwandig, dicht von Stärke erfüllt.

Übersicht.

Wir finden also die Samenschale nur aus dünnwandigen Zellen bestehend bei *Colchicum, Viscum, Hedera, Plantago, Arum* und den *Rubiaceen* und sehen sofort ein, dass hier das äußerst dickwandige, den Keim umschließende Eiweiß den Schutz des Embryo's übernimmt. Es sind z. B. die reifen, trocknen Samen von *Colchicum* so hart, dass sie sich in Kiefernholz eindrücken lassen. Bei den *Liliaceen* und *Irideen* ist die Außenwand der Epidermis meist verdickt, besonders bei den Arten mit geflügelten Samen, so außerdem noch bei *Veratrum.* Dadurch wird das Zerreißen der Flügelhaut verhindert, während den Schutz gegen Druck das Eiweiß übernimmt. Ja, bei den *Smilaceen*[1]), welche Beerenfrüchte haben, ebenso wie bei *Viscum* und *Hedera* muss das Eiweiß den Keim sogar beim Durchgang durch den Vogelleib schützen. Bei den *Scrophularineen* und *Orobanchen* ist es auch hauptsächlich das Eiweiß, welches den Schutz übernimmt, denn die schwach verdickten Zellen mit meist sehr porösen Wänden, welche Bachmann (1) als Schutzschicht bezeichnet, dienen wohl mehr der Verbreitung der Samen, indem dadurch die Oberfläche derselben mit zahlreichen Unebenheiten versehen wird, oder bei einigen durch die mächtigere Entwickelung eines Gewebes Flügel und Falten erzeugt werden, welche leicht zerreißen und zerfallen würden, wären ihre Zellen nicht durch schwache Verdickungen dagegen geschützt. Dass das aus nur drei Zellreihen bestehende Eiweiß von *Mimulus* härter sei als das der übrigen (Bachmann 1) Scrophularineen, habe ich nicht finden können, denn die Außenwand ist

1) *Delpino* (7): »La disseminazione è effettuata esclusivamente da uccelli carpofagi«.

zwar so stark wie bei *Digitalis*, die Zwischenwände sind aber viel schwächer. Bei den *Primulaceen* finden wir in der Samenschale noch eine Schicht Zellen mit verdickter Innenwand, welcher ein Krystall eingebettet ist, wodurch der Schutz etwas erhöht wird. Bei den *Umbelliferen* bieten die Bastbeläge der Gefäßbündel einen kleinen Schutz gegen das Zerbrechen der Früchte, während den Schutz gegen Druck auch hier das Eiweiß bietet. Nur bei drei Gattungen fand ich eine zusammenhängende Schutzschicht, sodass diese eigentlich in die fünfte Gruppe gehören würden.

Eine Ausnahme bildet hier *Eranthis* und besonders *Drosera* mit seinem zartwandigen, Stärke führenden Eiweiß. Bei ersterem Samen sind die Eiweißwände nur 2 bis 3 mik. m. stark, obgleich gerade die verwandten *Helleborus*-Arten außer einer dickwandigen Epidermis noch starkwandiges Eiweiß besitzen. Die Erklärung dieser Eigenthümlichkeit liegt vielleicht darin, dass bei der Reife der Samen von *Eranthis* der Embryo aus nur wenigen Zellen besteht und sich erst während der Ruhe des Samens im Boden entwickelt. *Drosera* besitzt zwar eine etwas verdickte Außenwand der Epidermiszellen, doch soll diese wohl nur das Collabiren der papillenartig ausgebuchteten Zellen verhindern. Die Samen sind eben auch hier wie bei den Pflanzen der ersten Gruppe nach dem Ausfallen aus der Kapsel durch ihre geringe Größe und die Lage in feuchtem Moos oder Erdreich gegen Angriffe geschützt.

3. Gruppe.

Schützende Elemente in der Schale vorhanden. Eiweiss gering oder fehlend.

Crassulaceen. Die Samenschale besteht aus zwei oder mehreren Zelllagen. Die Außenwand der Epidermis ist stark verdickt. Die Oberfläche der Samen ist entweder ziemlich eben (*Sedum Telephium*), oder auch feinwarzig durch die papillenartig ausgebuchteten Epidermiszellen (*S. boloniense*), oder längsstreifig dadurch, dass die in Längsreihen angeordneten Epidermiszellen in dieser Richtung höhere radiale Wände haben, als in der horizontalen. (*S. album* und *S. Aizoon*. Fig. 4.) Einen Übergang zwischen den beiden letzteren Formen zeigt *S. reflexum*. Bei den geflügelten Samen von *S. Fabaria* wird das Füllgewebe der Flügel von ziemlich dünnwandigen Spiralfaser-Zellen gebildet.

Pinguicula. Die Samenschale besteht aus zwei Schichten: der Epidermis, deren Zellen verdickte Innen- und Seitenwände haben und einer darunter liegenden farblosen Schicht nur außen verdickter Zellen.

Cruciferen (4, 19, 36). Bei den meisten Cruciferen findet sich, gewöhnlich überzogen von zwei bis drei Lagen zartwandiger Zellen, eine Schicht, deren Zellen sowohl an der Innenwand etwas verdickt sind, als auch besonders an den Seitenwänden bis auf einen geringeren äußeren Theil, welcher zart bleibt, sodass jede Zelle einem Becher gleicht, über den eine

zarte Haut gespannt ist. Bei *Nasturtium officinale* sind die Epidermiszellen becherförmig, bei *Cochlearia officinalis* papillenartig ausgebuchtet, ohne von anderen verdickten Zellen begleitet zu sein. Bei den untersuchten *Nucamentaceen* ist die Samenschale ohne dickwandige Zellen; es sind dagegen solche vorhanden bei den Arten mit Gliederschoten (*Raphanus*).

Reseda odorata (37). Die Schale der feinwarzigen Samen besteht aus einer normalen Epidermis, darunter liegendem zarten Gewebe, einer Hartschicht aus längsverlaufenden sklerenchymatischen Zellen und einer Reihe zartwandiger Zellen. Die Zellen der Hartschicht sind nicht gleich hoch und da bei der Reife das darüber liegende zarte Gewebe eintrocknet, so wird dadurch das runzlige Aussehen der Samen verursacht, wozu auch noch die in der innersten Lage der zartwandigen Schicht liegenden Krystalle beitragen.

Reseda luteola. Hier sind die Samen glänzend schwarz, weil die Zellen der Hartschicht gleich hoch sind und die Außenwand der Epidermis sehr stark ist. Diese Wand besteht aus mehreren Schichten, deren mittlere senkrecht zur Fläche verlaufende, stäbchenförmige differenzirte Partien zeigt, welche von der Fläche gesehen wie zahlreiche Poren erscheinen; ein Verhalten, welches Lohde (28) zuerst bei den Portulacaceen richtig gedeutet hat. Der Kürze wegen nenne ich im Verlaufe dieser Arbeit diese Partien »Differenzirungs-Stäbchen« (vgl. Fig. 14).

Labiaten. Die Früchtchen der Labiaten besitzen eine Hartschicht aus mehr oder weniger radial gestreckten, stark verdickten und porösen, meist verholzten Zellen, welche öfter Krystalle führen. Auch *Melissa* und *Lamium* besitzen eine solche Schicht, wo sie bereits von Kraus (25), aber nicht von Chatin (5) erwähnt wird.

Boragineen (5). Die Zellen der Hartschicht sind meist radial gestreckt und sehr porös, sodass die Wände auf dem Querschnitte wie Perlschnüre erscheinen. Bei *Lithospermum arvense* besteht die Hartschicht aus mehr sklerenchymatischem Gewebe, dem kohlensaurer Kalk eingelagert ist, während besonders die Außenlamelle, wie übrigens noch bei mehreren Pflanzen dieser Familie, stark verkieselt ist (20).

Hypericum (Fig. 5). Die Epidermis besteht aus großen Zellen mit verdickten radialen Wänden. Darunter befindet sich eine Lage dünnes Gewebe und dann die eigentliche Hartschicht aus etwas tangential gestreckten Zellen bestehend, welche oben und unten verzweigt sind und mit den Zacken ineinander greifen. Sie sind dickwandig und sehr porös. Ebenso ist *Androsaemum* gebaut.

Humulus Lupulus. Die Hartschicht ist derjenigen der Labiaten ähnlich.

Cannabis (3). Die Epidermiszellen der Nüsschen sind pallisadenförmig, dickwandig.

Linum. Bei *L. flavum* ist die Hartschicht ähnlich der von *Reseda odorata*, überzogen von zwei Lagen zarter Zellen. Bei *L. usitatissimum* (3, 36)

und *L. grandiflorum* sind die Zellen derselben sowohl radial wie längs gestreckt, sodass sie auf dem Querschnitte stäbchenförmig erscheinen. Die Verdickungsmasse der Epidermiszellen quillt bekanntlich mit Wasser zu Schleim auf.

Daphne hat eine aus hohen, schmalen, stark verdickten Pallisaden bestehende Hartschicht.

Papilionaceen (2, 13, 36). Die Epidermis besteht aus pallisadenförmigen, meist stark verdickten Zellen, welche äußerst fest sind und manchmal dem Eindringen des Wassers Jahre lang Widerstand leisten (v. Höhnel, 18). Bemerkenswerth ist, dass bei *Arachis hypogaea*, deren Hülsen in der Erde reifen, die Epidermiszellen der Samenschale (Fig. 6 und 7) viel niedriger sind und nur in dem äußern Theile Verdickungsleisten tragen. Auch fehlt hier die bei den übrigen Papilionaceen unter der Epidermis liegende Schicht der Säulenzellen. Auch bei den *Hedysareen*, welche ja Gliederhülsen haben, zeigen die Epidermiszellen verhältnissmäßig größere Lumina und also schwächere Wände, z. B. *Onobrychis sativa.*

Malvaceen (27, 37). Die Hartschicht, welche von zwei oder drei Lagen zartwandiger Zellen überzogen ist, besteht aus Pallisadenzellen, welche bis auf ein kleines Lumen verdickt sind.

Cupuliferen. Von diesen besitzen *Quercus*, *Fagus* und *Castanea* eine lederartige Schale. Dieselbe besteht aus einer Epidermis mit etwas stärkerer Außenwand und einem darunter liegenden Parenchym, dessen Zellen ziemlich stark verdickt und besonders bei *Castanea* in den innern Lagen lang gestreckt sind. Die Verdickungsmasse hebt sich deutlich von der primären Membran [1]) ab, sie zeigt wenig oder keine Poren und quillt mit Kali stark auf. Der braune Inhalt der Zellen, sowie an einigen Stellen die Membranen sind gerbstoffhaltig.

Aesculus zeigt ein ähnliches Gewebe, dessen Membranen auch Gerbstoff enthalten.

Sorbus (Fig. 8) führt Gerbstoff in der primären Membran, während die Verdickungsmasse farblos ist.

Potamogeton und **Sparganium.** Die Früchtchen, welche sich mit einem Deckel öffnen, haben eine Hartschicht aus dickwandigem, porösem Parenchym.

Najas (29). Die Hartschicht ist ähnlich gebaut.

Myriophyllum. Die Fruchtwand besteht außen aus dickwandigem Parenchym, welches nach innen allmählich in Prosenchym übergeht.

---

1) Anm. Ich gebrauche der Einfachheit wegen den Ausdruck »primäre Membran« nach dem Eindruck, welchen ein solcher Schnitt durch die reife Samenschale auf den Beschauer macht, ohne damit eine bestimmte Ansicht aussprechen zu wollen, ob diese chemisch verschiedenen Schichten durch Apposition oder durch Intussusception und nachherige Differenzirung und Veränderung entstanden sind.

Trapa. Die harte, holzige Schale besteht aus Prosenchym-Zellen, welche gruppenweise nach verschiedenen Richtungen ineinander geflochten sind, dabei kleinere oder größere Lufträume zwischen sich lassend.

Alisma. Die Hartschicht besteht aus längs verlaufenden prosenchymatischen Fasern.

Betula. Die Hartschicht besteht aus lang gestrecktem Sklerenchym.

Acer. Unsere drei einheimischen Arten sind verschieden gebaut. Die Fruchtwand von *A. platanoides* besteht außen aus dünnwandigem grünen Gewebe und innen aus einer zusammenhängenden Schicht von Prosenchymfasern. *A. Pseudoplatanus* besitzt unter der Epidermis eine Reihe von dickwandigem Prosenchym und *A. campestre* hat unter der Epidermis mehrere Reihen sklerenchymatischer Zellen und ebenso auf der Außenseite der Hartschicht noch eine Reihe großer Sklerenchym-Zellen [1]).

Valeriana enthält in der Fruchtwand eine zusammenhängende Schicht verdickter Prosenchym-Zellen.

Valerianella. Hier ist wegen der bei den verschiedenen Arten ziemlich abweichenden Gestalt der Früchtchen auch der Bau derselben ziemlich mannigfaltig. Bei *V. olitoria* enthält die eigentliche Fruchtschale dickwandiges Parenchym. Der Rücken der Früchtchen besteht aus verdicktem, porösen Parenchym und die Wand der unfruchtbaren Fächer theils aus Parenchym, theils aus Prosenchym.

Carpinus Betulus. Das holzige Pericarp besteht aus unregelmäßigen, sklerenchymatischen Zellen, welche mit ihren Ecken und Spitzen ineinander gekeilt sind.

Juglans. Das Gewebe ist dem vorigen ähnlich. Die Zellwände sind ein wenig verbogen.

Corylus und die **Amygdaleen** zeigen typisches Sklerenchym.

Celtis. Die Steinschale besteht aus einer innern Reihe etwas länglicher, stark verholzter Zellen, deren zahlreiche, verzweigte Poren sich stellenweise zu kleinen Höhlungen erweitern, und einem darüber liegenden dickwandigen Parenchym, dessen Membranen kohlensaurer Kalk in großer Menge und etwas Kieselsäure eingelagert ist. Hierdurch wird die Schale so hart, dass sie sich nicht mit dem Messer schneiden lässt, sondern dies erst nach dem Behandeln mit einer Säure ermöglicht.

Pomaceen. Bei *Cydonia*, *Amelanchier* und *Pirus* sind die Epidermiszellen der Samenschale, denn diese ist hier das schützende Organ, etwas radial gestreckt. Darunter liegt bei *Cydonia* zusammengedrücktes, Gerbstoff führendes Gewebe; bei *Amelanchier* wird es von großen, sehr porösen Zellen gebildet, deren Wände in der primären Membran Gerbstoff ent-

[1]) Anm. Ich gebrauche die Bezeichnung »Sklerenchym« besonders für solche dickwandige Zellen, die zwischen Parenchym und Prosenchym stehen, typisch bei den Amygdaleen vorkommend.

halten, und bei *Pirus* besteht es aus lang gestreckten, fast prosenchymatischen Zellen. Bei *Pirus* finden wir auch den Übergang zu den andern drei Arten, denn die Steinkerne, welche bei dem wilden *Pirus communis* zu einer dichten Masse gelagert die Samenfächer umgeben, bestehen aus Sklerenchym. Ähnliches ist bei einigen Bastarden der Fall z. B. *P. Chamaemespilus*. Bei *Cotoneaster* sind die Sklerenchym-Zellen noch etwas unregelmäßig, meist lang gestreckt, mit weniger zahlreichen Poren. Bei *Mespilus* und *Crataegus* aber finden wir reines Sklerenchym.

Rosaceen. Die Wand der Steinkerne von *Rosa* besteht aus Sklerenchym. *Rubus* und *Fragaria* haben eine Hartschicht aus mehreren Reihen prosenchymatischer Zellen. *Potentilla*, *Agrimonia*, *Geum*, *Spiraea* und *Alchemilla* besitzen zusammenhängende Schichten prosenchymatischer Zellen, welche theils in der Längsrichtung verlaufen (*Fragaria*), theils in einer Schicht längs, in einer andern quer (*Spiraea Ulmaria*, *Sanguisorba*), theils aber unregelmäßig nach verschiedenen Richtungen verlaufend in einander geflochten sind, manchmal einzeln, manchmal gruppenweise (*Rubus Idaeus*).

Geranium (37). Unter der großzelligen Epidermis liegt eine Reihe rundlicher, zartwandiger Zellen mit Zwischenzellräumen. (Bei *G. nodosum*, Fig. 9, sind es mehrere Reihen.) Darunter eine Lage eigenthümlicher Zellen, deren Abbildung bei Strandmark nicht recht verständlich ist. Sie sind radial etwas gestreckt, bis auf ein kleines, in der untern Hälfte liegendes Lumen verdickt, das sich nach oben in einen feinen Kanal fortsetzt. In dem obern Drittel zeigt sich eine Lichtlinie, wie sie von Russow (33) bei den Mimoseen, Cannaceen und Papilionaceen erwähnt wird und dann von Lohde (27) bei den Convolvulaceen und Malvaceen und von Sempolowski (36) bei den Papilionaceen untersucht worden ist. Der nach innen gelegene Theil der Zellen ist braun gefärbt, der äußere gelblich oder farblos. Die Zellen verhalten sich gegen Reagentien ähnlich wie die Pallisaden-Zellen der Papilionaceen und Malvaceen. Unter dieser Schicht liegt eine Reihe radial etwas gestreckter, farbloser Zellen (Fig. 10), welche eine mit Kali aufquellende Verdickungsmasse enthalten. Innen schließt sich eine zartwandige Schicht an.

Erodium besitzt in der dritten Schicht einzelne etwas größere Zellen, welche ein größeres, von einer gerbstoffhaltigen Masse erfülltes Lumen haben.

Cucurbitaceen (8, 22). Die Schutzschicht besteht aus mehreren verschiedenen Lagen. Besonders bemerkenswerth sind die von Fickel und v. Höhnel beschriebenen Zellen, welche oben und unten stark verzweigt sind und deren Zacken ineinander greifen.

Oenothera bietet uns einen ähnlichen Fall. Unter der Epidermis liegt ein großzelliges, dickwandiges, etwas größeres Parenchym mit einzelnen sklerenchymatischen Zellen nach innen zu. Die eigentliche Hartschicht ist

gebildet aus drei Lagen. Die Zellen der ersten Schicht sind kurz säulenförmig, etwa so hoch als breit, oben und unten reichlich ausgezackt. Im reifen Samen sind die Zellen so fest mit einander verwachsen und die stark verdickten Membranen sowohl als das Lumen der Zellen so dicht von Kalkoxalat-Krystallen erfüllt, dass die ganze Schicht wie eine mächtige zusammenhängende Lamelle erscheint, welche von zahlreichen Porenspalten und Canälen durchzogen ist. Darunter liegt eine Reihe von Prosenchymfasern und unter dieser eine Reihe etwas längs und radial gestreckter dickwandiger Zellen.

Rhus zeigt auch drei verschiedene Schichten. Unter der etwas verdickten Epidermis liegt braunes, dünnwandiges Gewebe, dessen innerste Zellen je einen Kalk-Krystall enthalten. Darunter folgen eine Schicht etwas gestreckter, stark verdickter Zellen mit welligen Wänden, dann eine Reihe kleiner, isodiametrischer Zellen mit geringem Lumen und innen eine Schicht Pallisadenzellen mit spaltenförmigem Lumen. Die Verdickungsmasse aller drei Schichten ist farblos und quillt mit Kali stark auf.

Compositen. In dem Bau des Pericarps herrscht eine große Mannigfaltigkeit. Bei *Echinops*, wo die Früchtchen von den Hüllblättern umschlossen bleiben, besteht es aus mehreren Lagen zartwandiger Zellen, bei *Leontopodium* aus nur drei Zelllagen, von denen die mittlere etwas verdickte Außen- und Innenwände besitzt. Auch ist die Außenwand der Epidermis etwas stärker. Bei *Matricaria* ist auch die Außenwand der Epidermis verdickt. Darunter liegen mehrere Reihen zarter, aber mit Spiralfasern belegter Zellen, welche indess wohl weniger zum Schutze dienen, als vielmehr dazu, die Früchtchen zur Verbreitung durch den Wind geeigneter zu machen. Gegen Zerbrechen sind die Früchtchen durch die Bündel von Prosenchymzellen geschützt, welche in den Rippen liegen. Bei *Ligularia* ist die Außenwand der Epidermis besonders stark entwickelt. Mehr oder minder zahlreiche, sich manchmal berührende Bündel mechanischer Zellen von meist prosenchymatischer Gestalt finden wir z. B. bei *Inula* und *Helianthus*, wo die Bündel durch zartes Gewebe getrennt sind; bei *Anacyclus* und *Chrysanthemum*, wo dieses Zwischengewebe von Spiralfaserzellen gebildet wird; bei *Leontodon Taraxacum* und *Mulgedium*, wo diese Bündel durch ein großzelliges, verholztes, stark poröses Parenchym verbunden sind. Bei *Hieracium* bildet dieses starke, poröse Parenchym eine zusammenhängende Schicht; bei *Aster* befindet sich unter dem äußern zarten Gewebe eine Reihe becherförmig verdickter, poröser Zellen; bei *Anthemis tinctoria* liegt unter der Epidermis eine Reihe Pallisaden-Zellen; bei *Erigeron* eine Reihe prosenchymatischer Zellen. *Leontodon crispus*, *Hypochaeris*, *Galinsogea*, *Bidens*, *Senecio*, *Calendula*, *Anthemis Cotula* und *Centaurea* besitzen eine mehr oder minder mächtige zusammenhängende Schicht prosenchymatischer, stark verdickter Zellen. *Tragopogon* enthält in dem Ringe von Prosenchymzellen noch größere Gruppen lang gestreckter

Spiralfaserzellen. *Silybum* besitzt außen eine Pallisadenschicht, deren radiale Wände im untern Theile dünn, nach oben aber bis auf ein enges Lumen verdickt sind, welches im obern Drittel der Zelle ganz verschwindet. Darunter liegt eine Schicht längs verlaufender Libriformzellen, dann eine Schicht Pallisadenzellen und innen eine Schicht zusammengedrückten Parenchyms, das gegen die Samenlappen durch eine Innen-Epidermis (25) abgegrenzt ist. Bei *Xanthium* besteht das aus dem Hauptkelche hervorgegangene holzige Fruchtgehäuse aus dickwandigem Prosenchym. Die den Samen umschließende Schale besitzt eine kleinzellige, verkieselte Epidermis und eine zusammenhängende Hartschicht, die aus ein bis drei Lagen von Prosenchymzellen besteht.

Für die häufiger wiederkehrende Erscheinung, dass nah verwandte Arten verschieden gebaute Samenschalen [1]) haben, will ich hier nur auf *Anthemis* aufmerksam machen. *A. nobilis* enthält als schützende Schicht nur eine Lage etwas lang gestreckter, sonst tafelförmiger Zellen mit welligen, etwas stärkeren Seitenwänden; *A. tinctoria* an derselben Stelle eine Lage Zellen, welche in der Längen- und radialen Richtung etwas gestreckt, bis auf ein kleines, rundliches Lumen verdickt sind und in der mächtigen innern Wand je einen Kalkoxalat-Krystall enthalten. *A. Cotula* besitzt eine mehrreihige Schicht prosenchymatischer Zellen.

Übersicht.

Die Pflanzen dieser Gruppe habe ich in Bezug auf die Entwicklung ihrer Schutzschicht so zu ordnen gesucht, dass ich im allgemeinen von dem einfacheren zu dem complicirteren Bau fortschritt.

Bei *Pinguicula* und den *Crassulaceen* wird der Schutz durch eine stärkere Epidermis erreicht, bei den *Cruciferen* meist durch eine tiefer liegende Schicht, deren Zellen becherförmig verdickt sind, wobei bemerkenswerth ist, dass in der Samenschale der *Nucamentaceen* diese Schicht fehlt. Eine einfache Lage dickwandigen Parenchyms finden wir bei den *Labiaten*, bei *Reseda*, *Hypericum* und *Humulus*. *Cannabis* und *Linum* bilden den Übergang zu Pallisadenzellen, welche bei den *Papilionaceen*, *Malvaceen* und *Daphne* ihre mächtigste Entwicklung erreichen. Bei einigen *Cupuliferen* besteht die schützende Schale aus mehreren Lagen dickwandigen, unregelmäßigen, aber nicht verholzten Parenchyms (*Fagineen*), bei anderen aus sklerenchymatischen, verholzten Zellen (*Carpinus*) und bei noch anderen aus typischem Sklerenchym (*Corylus*). Als bekanntestes Beispiel für letzteres Gewebe finden wir dann die *Amygdaleen*, während bei *Celtis* die Härte der schon ziemlich starken Membranen durch reichlich eingelagerten kohlensauren Kalk noch erhöht wird. Die *Pomaceen* bieten uns den Übergang zum Prosenchym, das bei den *Rosaceen* in der mannigfaltigsten Weise vertreten ist. Hier ist dann auch das holzige, dickwandige, poröse Parenchym der be-

1) Vgl. Anm. 2.

schriebenen Wasserpflanzen zu erwähnen, das bei *Myriophyllum* und besonders bei *Trapa* in Prosenchym übergeht. *Acer* bietet dann schon verschiedenartige Schichten; *Geranium* besitzt deren zwei; die *Cucurbitaceen*, *Oenothera* und *Rhus* drei oder noch mehr.

Die Familie der *Compositen* habe ich zuletzt besprochen, weil sie uns noch einmal fast alle die angeführten Verhältnisse zeigt. Bei *Echinops* beginnt die Reihe sogar mit ganz zartwandigen Schichten, da hier der Schutz von den Hüllblättern jedes Köpfchens übernommen wird. Bei *Matricaria* und *Ligularia* sahen wir, dass die Epidermis den Schutz übernimmt; bei den folgenden finden wir dann Parenchym und Prosenchym in den verschiedensten Formen, nur eigentliches Sklerenchym fehlt, während uns *Silybum* ein Beispiel für die Combination mehrerer verschiedenartiger Schichten bietet.

4. Gruppe.

Schützende Elemente in der Schale vorhanden. Eiweiss reichlich, aber nicht dickwandig.

Asclepias, Cynanchum und **Syringa** haben flache, geflügelte Samen. Die Samenschale besteht aus einer Epidermis mit starker Außenwand und darunterliegendem zusammengepressten Gewebe. Alle Membranen enthalten Gerbstoff.

Saxifraga. Die dicke Außenwand der Epidermis ist durch eingelagerten kohlensauren Kalk noch verstärkt. Die Zellen sind nach außen gebuckelt, ähnlich denen von *Sedum*. Darunter liegt zusammengepresstes Gewebe. Bei *S. aizoïdes* ist die Außenwand etwas schwächer, mit zahlreichen Differenzirungs-Stäbchen (Vergl. *Reseda*).

Helleboreen. Die Epidermis hat eine sehr starke Außenwand. Bei *Helleborus niger* z. B. 20 mik. stark. Unter derselben liegt dünnwandiges, zusammengepresstes Gewebe. Das Eiweiß ist ziemlich starkwandig (meist, bis 2 mik., bei *Delphinium Consolida* 2—3, bei *Helleborus* aber 5 mik. m. stark). Die Oberfläche der Samen ist sehr verschieden gestaltet. Sie ist eben und die Samen sind daher glänzend bei *Aquilegia*, *Caltha* und *Trollius;* die Epidermiszellen sind etwas nach außen gewölbt und die Samen daher matt bei *Aconitum Napellus* und *Helleborus;* sie sind stark gebuckelt bei *Nigella;* sie sind ungleich hoch und verursachen daher Warzen und Runzeln auf den Samen bei *A. Lycoctonum*, *Delphinium* und *Cimicifuga*. Bei allen ist die Außenwand geschichtet. Bei *A. Napellus* zeigt die äußere Lamelle Differenzirungs-Stäbchen; bei *Cimicifuga* und *Delphinium* trägt dieselbe noch kleine Warzen. Eigenthümlich verhält sich *Aquilegia alpina* (Fig. 11) mit schwarzen, glänzenden Samen. Die Außenwand lässt drei Schichten erkennen, eine farblose Cuticula, eine stärkere grün gefärbte Schicht und innen eine farblose Schicht, welche sich mit Kali gelb färbt. Die grüne Schicht wird durch Eisenchlorid schmutzig blau gefärbt, durch Kochen mit Kali aber entfärbt.

Actaea ist ähnlich gebaut wie Delphinium.

Glaux. Abweichend von den übrigen Primulaceen besteht hier das Eiweiß aus zartwandigen, dicht mit Stärke angefüllten Zellen; die Samenschale aus zarten, zusammengedrückten Zellen und einer Epidermis mit starker, geschichteter Außenwand.

Caryophylleen (14). Die Epidermiszellen haben wellige oder zackige Umrisse, ähnlich den Oberhautzellen vieler Blätter. Die Außenwand dieser Zellen ist sehr mächtig entwickelt (bei *Silene noctiflora* z. B. 15—20 mik. stark). Sie lässt meistens, besonders nach dem Behandeln mit Kali, zahlreiche Differenzirungs-Stäbchen erkennen. Die Oberfläche der Zellen ist selten eben, in welchem Falle die Samen glänzend oder wenigstens glatt sind (*Silene acaulis*, *Cucubalus baccifer*, wo die Zellen auch mehr isodiametrisch sind). Gewöhnlich aber ist jede Epidermiszelle nach außen zu einem oder mehreren Buckeln vorgewölbt, welche manchmal wie kolbige Anhängsel erscheinen, z. B. bei *Spergula arvensis*. Außer diesen Buckeln zeigt die Oberfläche noch zahlreiche, meist sehr dicht stehende Wärzchen, deren Entstehung aus den oben erwähnten differenzirten Membranpartien Hegelmaier (14) nachgewiesen hat. Das Eiweiß ist zartwandig, dicht von Stärke erfüllt.

Portulacaceen (28). Sie gleichen im allgemeinen den Caryophylleen.

Papaver. Die Samenschale besteht aus dünnwandigem, zusammengedrückten Gewebe. Nur die Epidermis besitzt eine stärkere Außenwand, welche von Differenzirungs-Stäbchen durchsetzt ist.

Corydalis. Die Samen sind glänzend schwarz. Ihre Schale besteht aus einer starken Epidermis und wenigen Lagen zarter, zusammengedrückter Zellen. Die Epidermiszellen sind regelmäßig, radial etwas gestreckt. Die Innenwand ist zart; die Seiten- und Außenwände sind sehr verdickt, ein halbkugeliges Lumen übrig lassend. Die Verdickungsmasse zerfällt in drei Schichten. Außen eine dünne, farblose Cuticula, darunter eine braune Schicht mit zahlreichen Differenzirungs-Stäbchen und innen eine schwammige Masse, welche von netzförmigen Porenkanälen durchzogen ist.

Fumaria. Bei *F. spicata,* wo der Same aus der Kapsel herausfällt, sind die Epidermiszellen denen von Papaver und Corydalis ähnlich; bei *F. officinalis* aber, wo die Frucht ein geschlossen bleibendes Nüsschen bildet, ist auch die Samenepidermis dünn, weil hier der Schutz von den Prosenchymschichten der Fruchtwand übernommen wird.

Chenopodien. Die harte Schale der kleinen, glänzenden, meist schwarzen Samen besteht aus einer Epidermis mit dicker Außenwand und darunter liegenden zartwandigen Zellen. Die Außenwand ist geschichtet bei *Chenopodium ambrosioides;* sie ist von radial verlaufenden, sich nach außen verjüngenden Poren durchzogen bei *Ch. album*, *rubrum* und *Atriplex*. Bei diesen Gattungen überzieht das Pericarp den Samen als ein zartes Häutchen.

Bei *Salsola*, *Spinacia* und *Beta* bleibt der Same von dem aus dickwandigen Elementen zusammengesetzten Pericarp umschlossen.

Polygoneen (25). Die meisten besitzen etwas radial gestreckte Epidermiszellen mit geschlängelten Conturen. Bei *Rumex* ist die Außenwand sehr stark entwickelt, bei *Polygonum* sind auch die Seitenwände verdickt; nur *P. Fagopyrum* besitzt unter der Epidermis eine aus mehreren Lagen lang gestreckter, stark verdickter, mit Kali aufquellender Zellen bestehende Schutzschicht.

Juncaceen. Die Samenschale von *Juncus* besteht aus einer Epidermis mit schwach verdickter Außenwand und etwas stärkeren radialen Wänden und darunter liegendem, zu einer fast homogenen Lamelle zusammengedrückten, braunen Gewebe. Die äußerste Schicht des Stärke führenden Eiweißes hat eine sehr starke Außenwand. *Luzula* ist ähnlich gebaut.

Calluna. Die Samenschale besteht aus zwei Schichten, einer nicht verdickten, braun gefärbten inneren und der Epidermis, deren Zellen schwach verdickte Innen- und Außenwände haben, während die radialen Wände sehr stark und zwar so verdickt sind, dass die Verdickungsmasse der primären Membran jeder Wand wie eine Halbkugel aufliegt.

Campanulaceen. Die Samenschale besteht aus einer großzelligen Epidermis und einem zusammengepressten, zartwandigen Gewebe. Die Epidermiszellen haben eine schwach verdickte Außenwand und stark verdickte radiale Wände, welche bei *Lobelia* keine Poren zeigen, bei den übrigen aber mehr oder weniger. Die Zellen sind bei *Campanula* besonders in der Längsrichtung gestreckt, bei *Specularia* sind sie sehr niedrig und schmal. Das Eiweiß ist meist dünnwandig, nur bei *Campanula* ist die Außenwand ziemlich stark.

Gentiana. Unter der Epidermis liegen mehrere Reihen zusammengedrückter, braun gefärbter Zellen. Die Epidermiszellen haben bei allen Arten eine schwache Außenwand. Bei *G. cruciata* und *G. lutea* sind die übrigen Wände ähnlich denen bei Calluna; bei *G. acaulis* und *G. asclepiadea* sind die Epidermiszellen becherförmig verdickt, mit zahlreichen Poren in den verdickten Wänden. Das Eiweiß ist dünnwandig, nur die Außenwand ist etwas stärker (3—4 mik.).

Erythraea. Hier ist nur die Innenwand der Epidermiszellen stark verdickt und von Poren durchsetzt.

Vaccinium (Fig. 12). Ganz wie Gentiana asclepiadea.

Berberis. Die Samenschale lässt auf dem Querschnitte vier Schichten erkennen, von denen die beiden inneren aus zartwandigen, zusammengedrückten Zellen bestehen, die darauf folgende Schicht aus mehreren Lagen ziemlich großer, unregelmäßiger, etwas verdickter, parenchymatischer Zellen gebildet wird; die Epidermis aber radial gestellte Pallisadenzellen zeigt mit schwächeren Zwischenwänden und stärkerer Außenwand.

Phytolacca. Unter der Epidermis liegt eine Reihe pallisadenartiger

Zellen, deren Außenwand sehr stark verdickt und von verzweigten Porenkanälen durchzogen ist.

Nymphaea. Die glatten, glänzenden Samen liegen in einer zarthäutigen, etwas Luft enthaltenden Hülle (Schwimmvorrichtung 15). Die Epidermis des davon befreiten Samens besteht aus tafelförmigen Zellen, welche in ihrer äußern Hälfte zackig ausgebuchtet sind und mit den Zacken in einander greifen. Die Wände sind verdickt und von zahlreichen Poren durchzogen.

Solaneen (27). Auch hier übernimmt meist die Epidermis allein den Schutz, wenn sie auch in ihrer Entwicklung ziemliche Verschiedenheiten zeigt. Bei *Hyoscyamus*, *Scopolia*, *Atropa*, *Nicandra* und *Nicotiana* sind die Epidermiszellen becherförmig verdickt und zwar so, dass der obere Theil der radialen Wände dünn bleibt, bei *Solanum* trägt dieser hier noch dünne Theil Verdickungsleisten und bei *Physalis* geht die Verdickung gleichmäßig bis zur zarten Außenwand. Bei *Datura* sind die Epidermiszellen am mächtigsten entwickelt. Sie sind radial gestreckt, stark verdickt und oben und unten zackig verzweigt.

Urtica. Die Epidermis ist zartwandig. Darunter liegt eine eben solche Schicht, und dann kommt die Hartschicht aus porösen Zellen mit schwacher Außenwand und je einer das Lumen erfüllenden kugeligen Krystallmasse von Kalkoxalat.

Morus. Die Schale der kleinen Kerne enthält eine einreihige Hartschicht aus etwas tafelförmigen Zellen mit wellig in einander greifenden Rändern und ziemlich dicken, porösen Wänden.

Lonicera. Die Oberfläche der Steinkerne ist bei einzelnen Arten eben (*L. alpigena* und *Xylosteum*); sie ist wellig bei *L. tartarica* (verursacht durch die wellige Oberfläche des Eiweißkörpers), und sie ist runzelig bei *L. Periclymenum*, wo die Zellen der Hartschicht ungleich hoch sind. Die Hartschicht ist die äußere Schicht der Kerne. Sie besteht aus radial gestreckten, stark verdickten, porösen Zellen, deren Verdickungsmasse Schichtung erkennen lässt. Besonders porös sind die Innenwände, und zwar so unregelmäßig, dass sie von der Fläche gesehen, wie von Würmern zerfressen erscheinen. Bei *L. alpigena* liegen in dem unter der Hartschicht befindlichen zarten Gewebe noch einzelne etwas längs gestreckte Sklerenchymzellen. Das Eiweiß ist meist dünnwandig; bei *L. Xylosteum* werden die Wände bis zu 3 mik. stark.

Oxalis (27). Die Samen werden bekanntlich durch das plötzlich erfolgende Zerreißen der saftigen äußeren Schichten der Samenschale fortgeschleudert. Der frei gewordene Same zeigt dann noch zwei Schichten, eine innere, aus lang gestreckten, längs verlaufenden, stark verdickten Zellen bestehende und eine äußere, aus mehr polygonalen Zellen bestehende, deren verdickte Wände schon mit Wasser, mehr noch mit Kali aufquellen. Die Zellen dieser Schicht sind bei den Arten mit gerippten Samen nicht

gleichmäßig entwickelt. Außer anderen Unterschieden enthalten die Zellen, welche in den Furchen liegen, je einen Kalkkrystall.

Cuscuta (24). Die Hartschicht ist von zwei Lagen dünnwandiger Zellen überzogen. Sie besteht aus Pallisadenzellen mit engem Lumen. Das Eiweiß besteht aus etwas dickwandigen Zellen, welche Stärke enthalten.

Tilia. Die Hartschicht besteht aus einer Reihe radial gestreckter Pallisadenzellen mit fast verschwindendem Lumen und einer Lichtlinie dicht unter der Außenwand.

Hippophaë (Fig. 13). Die Hartschicht besteht aus einer Reihe von Pallisadenzellen. Die innere Wand derselben ist dünn, das Lumen verengt sich aber schnell zu einem schwachen Kanal. Die Wand der Zellen besteht aus drei Schichten: Die zarte primäre Membran ist braun gefärbt und gerbstoffhaltig. Die darauf folgende primäre Verdickungsschicht ist gelblich; sie ist im allgemeinen nur dünn, bildet aber ein wenig unter der primären Außenwand an jeder Seitenwand eine leistenförmige Anschwellung, welche sich nicht bis ganz in die Kante der Zelle erstreckt. Diese, sowie der übrige Theil des Lumens sind von einer farblosen, concentrisch geschichteten Verdickungsmasse erfüllt, welche mit Kali stark aufquillt. Weiter nach unten beginnt dann das feine Lumen, welches sich stellenweise etwas erweitert.

Buxus. Die glänzend schwarze Samenschale besteht aus dünnem, zusammengedrückten Gewebe mit einer Epidermis aus Pallisadenzellen, deren innere Wände dünn, die übrigen aber stark verdickt sind.

Euphorbia. Die Hartschicht besteht aus schräg gestellten, dickwandigen Pallisadenzellen.

Ligustrum. Unter der großzelligen Epidermis liegt eine Reihe polygonaler, dünnwändiger Zellen, darunter mehrere Schichten etwas zusammengedrückter, zäher Zellen mit Gerbstoff in den Membranen, welche den lederartigen bei Aesculus ähnlich sind.

Empetrum. Unter der kleinzelligen, farblosen Epidermis liegen mehrere Reihen großer Zellen mit brauner primärer Membran und farbloser Verdickungsmasse. Die Außenwand des Eiweißes ist sehr stark, bis zu 8 mik.

Calla. Die harte Schale der glänzenden Samen besteht aus einer äußern und einer innern dünnwandigen Epidermis und einem dazwischen liegenden, vielschichtigen, dickwandigen Parenchym mit kleineren Zwischenzellräumen und größeren Lufthöhlen unter der Epidermis (Schwimm-Vorrichtung).

Nuphar. Die harte Schale besteht aus mehreren Reihen großzelligen, dickwandigen, porösen Parenchyms.

Hippuris. Das Pericarp besteht außen aus dünnwandigem, innen aber aus verdicktem, holzigen Parenchym. Das nur aus wenigen Schichten bestehende Eiweiß, welches der Fruchtschale anhaftet, ist zartwandig und enthält etwas Stärke.

Viburnum. Die harte Schale der runzeligen Kerne besteht aus dickwandigem, porösen Parenchym, dessen innerste Reihe quer verläuft. Die Verdickungsmasse ist nicht verholzt. Nach innen wird diese Hartschicht von einer Reihe großer, radial gestreckter, braun gefärbter Zellen begleitet.

Dipsaceen. Die Früchtchen sind denen einiger Compositen ähnlich gebaut. In dem dünnwandigen Gewebe liegen bei einigen kleine Bündel mechanischer Zellen. Dieselben sind lang gestreckt, prosenchymatisch, aber nicht verholzt. Die Verdickungsmasse quillt mit Kali stark auf, nur die primäre Membran färbt sich gelb. Bei *Dipsacus* und *Scabiosa* liegen kleinere Bündel solcher Zellen in den Rippen. Bei *Cephalaria* bilden sie eine zusammenhängende Schicht. Das Eiweiß besteht aus wenigen Schichten.

Plumbagineen. Die Früchtchen von *Armeria* enthalten auch breite mechanische Bündel im Pericarp.

Cyperaceen (25). Die Fruchtwand enthält eine mehrreihige Schicht stark verdickter, längs verlaufender Prosenchymzellen, welche Krystalle führen.

Platanus. Die Hartschicht besteht aus mehreren Reihen längs verlaufender, zugespitzter, poröser Zellen, deren Verdickungsmasse mit Kali aufquillt.

Ranunculus (25). Die Hartschicht der Früchtchen besteht aus mehreren Lagen lang gestreckter, stark verdickter, poröser Zellen, welche außen längs, innen aber quer verlaufen. Bei *R. sceleratus* liegen über der Prosenchymschicht noch mehrere Reihen Hornparenchym. Bei **Adonis** sind die Zellen kürzer; bei **Clematis, Thalictrum, Anemone** und **Dryas** besteht die Hartschicht aus einer Reihe längs gestreckter Zellen, deren Verdickungsmasse mit Kali aufquillt.

Coniferen (31). Die Hartschicht besteht aus mehreren Lagen etwas in der Längsrichtung des Samens gestreckter sklerenchymatischer Zellen. Eine eigenthümliche Ausnahme bilden die Samen von *Thuja*, welche keine solche Hartschicht enthalten. Die Außenwand der Epidermis ist ein wenig verdickt.

Cornus. Die harte Schale besteht aus Sklerenchym.

Rhamnus. Die harte Schale besteht aus mehreren Schichten theils längs, theils quer verlaufender Prosenchymfasern.

Callitriche. Unter der großzelligen Epidermis der Früchtchen liegt eine Reihe von Zellen mit starker Innenwand, von welcher sich die Verdickung noch ein wenig an den Seitenwänden in die Höhe zieht. Darunter liegen kleine, längs verlaufende, dickwandige Zellen.

Typha (32). In der Fruchtwand liegt unter der zarten Epidermis eine Reihe lang gestreckter Zellen mit starker Außenwand. Die Epidermiszellen der eigentlichen Samenschale haben, mit Ausnahme derer von *T. angustifolia*, verdickte Seiten- oder Innenwände.

Viola. Die drei untersuchten Arten zeigen verschiedenen Bau. Die feinwarzigen Samen von *V. tricolor* (37) haben eine zartwandige Epidermis, in welcher einzelne Zellen mit zierlichen Verdickungsfasern belegt sind, wodurch diese Zellen bei der Reife des Samens gegen das Zusammenfallen geschützt werden und kleine Warzen auf der Oberfläche bilden. Darunter befinden sich zwei Lagen etwas tafelförmiger Zellen, von denen die der inneren Lage porös verdickte Innen- und Seitenwände haben und je einen Krystall enthalten. Hierunter liegt die eigentliche Hartschicht aus stark verdickten, porösen, holzigen Zellen, welche in der Längenrichtung und etwas in der radialen gestreckt sind. Bei *V. lutea* ist die Außenwand der Epidermiszellen, deren Seitenwände nicht netzig verdickt sind, geschichtet, ähnlich denen des Leinsamens. Auch quillt die Verdickungsmasse mit Wasser und besonders mit Kali auf und zersprengt die Cuticula. Zwischen der Epidermis und der Hartschicht fand ich nur eine Zelllage, welche wie oben Krystalle führt. *V. silvestris* besitzt glatte Samen. Hier ist die Hartschicht nur von der Epidermis bekleidet, welche aus niedrigen, nicht verdickten Zellen besteht, die besonders in den Vertiefungen der Hartschicht einzelne Krystalle führen.

Chelidonium (Fig. 14). Hier sind es auch zwei Schichten, welche den Schutz übernehmen, die Epidermis und die darunter liegende. Die Zellen der Epidermis sind groß, mit welligen Rändern in einander greifend. Die sehr mächtige Außenwand derselben besteht aus drei Lamellen, einer farblosen äußeren, der Cuticula, einer schmalen inneren, welche Gerbstoff enthält und einer starken mittleren, welche zahlreiche Differenzirungs-Stäbchen zeigt. Die Zellen der darunter liegenden Schicht sind kurz säulenförmig mit starken Innen- und Seitenwänden, welchen zahlreiche Kalkoxalat-Krystalle ein- und aufgelagert sind. Oft ist noch die innere Hälfte des Lumens davon erfüllt.

Glaucium ist fast ebenso,

Argemone ähnlich gebaut.

Hypecoum dagegen zeigt außen eine Schicht kleinerer, stark verdickter Zellen, deren Lumen von einem Krystall erfüllt ist, über welchen sich die äußere Wand hinwegwölbt. Darunter liegt eine Reihe längs gestreckter, dickwandiger Zellen und eine Lamelle aus mehreren Lagen zusammengedrückter, unregelmäßiger Zellen.

Ruta. Die Epidermis ist ähnlich der von Corydalis. Die Innenwände der Zellen sind am schwächsten, die Außenwand ist am stärksten. Sie ist farblos, von zahlreichen Differenzirungs-Stäbchen durchsetzt, welche wie bei vielen Caryophylleen die feineren Wärzchen auf der Oberfläche verursachen. Die innere Verdickungsmasse ist braun gefärbt und Gerbstoff führend. Das runzelige Aussehen der Samen wird durch die stärkere oder schwächere Entwickelung des unter der Epidermis liegenden, etwas dickwandigen, unregelmäßig zusammengedrückten Gewebes verursacht.

Dictamnus. Die Samen sind glänzend schwarz, im Princip wie die von Ruta gebaut. Die nur bis an die zarte Innenwand sich erstreckende Verdickungsmasse der Epidermiszellen zeigt zwei Schichten, eine äußere, braun gefärbte mit Differenzirungs-Stäbchen, welche nur bis an die Cuticula reichen, und eine innere geschichtete, farblose, welche mit Kali aufquillt. Der Unterschied in der Beschaffenheit der Oberfläche der Samen von *Ruta* und *Dictamnus* scheint mit der Art der Aussaat zusammenzuhängen. Bei ersterer Pflanze werden die Samen nach und nach durch den Wind aus den Fruchtfächern herausgeworfen, wobei eine rauhe Oberfläche vortheilhaft zu sein scheint, denn die meisten der so ausgestreut werdenden Samen sind warzig oder runzelig. (Ich erinnere nur an Caryophylleen, Papaver, Campanula, Reseda, Crassulaceen, Solaneen, Scrofularineen, Helleboreen, Primulaceen etc.) Bei *Dictamnus* dagegen werden die Samen beim Zusammentrocknen der Fruchtwand fortgeschleudert, ähnlich denen von Euphorbia und mehreren Papilionaceen.

Menyanthes weicht von den übrigen Gentianeen bedeutend ab, wahrscheinlich weil sein Standort einen anderen Bau bedingt, um die Samen zur Verbreitung durch das Wasser geeignet zu machen. Die harte glänzende Schale besteht aus rundlichen, dickwandigen, porösen Zellen mit zahlreichen Zwischenzellräumen. Die Epidermiszellen sind etwas radial gestreckt und stark verdickt. Ihr Lumen verjüngt sich nach außen und verzweigt sich zuletzt in zahlreiche feine Poren. Der Raum innerhalb der Schale wird von dem Samenkern nur zur Hälfte ausgefüllt, sodass die Samen durch die verbleibende Luftblase zum Schwimmen geeignet gemacht werden.

Canna. Die Epidermis besteht aus langen Pallisadenzellen mit einer Lichtlinie. Unter derselben liegt dickwandiges, holziges Parenchym.

Vitis. Die harte Schale besteht aus zwei Reihen über einander stehender verholzter Pallisadenzellen mit engem, in zahlreiche Poren sich verzweigenden Lumen. Innen schließt sich dickwandiges Parenchym an. In den auf der Innenseite des Kernes liegenden beiden Falten findet sich nur eine Reihe von Pallisaden.

Scleranthus. Die Samen bleiben von dem holzigen Kelche umschlossen. Die Wand desselben besteht außen aus dünnwandigem Parenchym, darunter aus quer verlaufenden Prosenchymzellen. In den Rippen liegen Bündel längs verlaufender Prosenchymzellen. Diese Zellen sind bis auf ein kleines Lumen von einer farblosen, mit Kali aufquellenden Verdickungsmasse erfüllt. Die Zellen des Eiweißkörpers enthalten reichlich Stärke, welche so dicht zusammengepresst ist, dass der Inhalt jeder Zelle wie eine zusammenhängende Masse erscheint, welche von zahlreichen feinen Rissen und Spalten durchsetzt ist.

Ilex. Die steinharte Schale besteht aus lang gestreckten Sklerenchymzellen, welche unregelmäßig nach verschiedenen Richtungen in einander

gekeilt sind. Einzelne Bündel echter Prosenchymfasern verlaufen in der Längsrichtung.

Elaeagnus. Auf dem Querschnitte erscheint die harte Schale wie marmorirt durch zahlreiche hellere und dunklere Stellen. Die gelb gefärbte Grundmasse besteht aus lang gestreckten, stark verdickten, nicht porösen Zellen, welche unregelmäßig in einander geflochten sind und größere Zwischenzellräume zwischen sich lassen. Die helleren Stellen bestehen aus längs verlaufenden, prosenchymatischen Zellen mit farbloser Verdickungsmasse. Die eigentliche Samenschale wird von mehreren Schichten etwas verdickten Parenchyms gebildet.

Olea. Die Steinschale besteht außen aus dickwandigen, quer verlaufenden Prosenchymfasern, innen aus unregelmäßigem Sklerenchym.

Paeonia. Weicht von den verwandten Gattungen sehr ab, denn außer der Epidermis mit mächtiger Außen- und Innenwand finden wir eine Reihe enger, stark verdickter und poröser Pallisaden und darunter eine mehrreihige Schicht verholzten Parenchyms.

Sambucus. Außen liegt zuerst eine Schicht verschieden hoher Zellen wie die bei Lonicera beschriebenen; darunter eine Reihe längs verlaufender und dann eine Reihe quer verlaufender Prosenchymfasern. Die Epidermiszellen berühren sich nicht immer mit ihren Seitenwänden, sondern bilden öfter Spalten zwischen sich, welche bis auf die erste Prosenchymschicht gehen.

Bei *S. nigra* habe ich durch Versuche festgestellt, dass die Samen, welche von den Vögeln beim Fressen der Beeren verschlungen werden, in ihrer Keimfähigkeit keine Beeinträchtigung erfahren. Die Versuche führte ich in folgender Weise aus: Einem Rothkehlchen (Sylvia rubecula) legte ich einen Strauß Hollunderbeeren, deren Zahl ich festgestellt hatte, vor, zählte nach drei Tagen die verbliebenen Beeren und fand so die Zahl der gefressenen. Ich stellte dann die durchschnittliche Zahl von Samen in 100 verbliebenen Beeren fest und gewann durch Auswaschen des während der nächsten 5 Tage gesammelten Vogelkothes die durch den Leib des Rothkehlchens hindurch gegangenen Samen. Die direct aus den Beeren und die aus dem Kothe erhaltenen Samen wurden dann, nachdem ich die harte Schale an einem Ende ein wenig geritzt hatte, um den Zutritt des Wassers zu erleichtern, in den Keimapparat gebracht. Täglich nahm ich von beiden Proben die gekeimten Samen weg und untersuchte nach vier Wochen die noch verbliebenen, von denen sich eine Anzahl als taub herausstellte, während andere anscheinend gesund waren und durch irgend welche individuelle Ursachen bisher am Keimen verhindert worden sein mussten.

Aus drei Versuchen erhielt ich folgende Durchschnittszahlen: 36 Beeren enthielten 100 Samen, von denen 42 keimten und 25 taub waren. Gefunden wurden, nachdem der Vogel die gleiche Anzahl Beeren gefressen hatte, 88 Samen, von denen 37 keimten und 25 sich als taub erwiesen.

Diese Zahlen zeigen, dass die Samen, welche durch den Vogelleib gegangen, in ihrer Keimfähigkeit dabei nicht beeinträchtigt worden waren.

Gramineen (17, 26). Als hauptsächlichstes Schutzmittel fungirt die Außen-Epidermis, das darunter liegende Parenchym und eine Schicht großer Zellen, deren innere und radiale Wände verdickt und verkieselt sind. Dazu kommen bei sehr vielen Gattungen die meist verkieselten Spelzen. Bei den Spelzen von *Oryza* (16) z. B. sind die Epidermiszellen erst unter sich und dann diese mit den Zellen des darunter liegenden Hypoderms verzapft. Bei den wenigen nacktfrüchtigen Gräsern, z. B. *Phleum pratense*, *Secale cereale*, *Triticum vulgare* sind die schützenden Schichten der Fruchtschale stärker verdickt.

Übersicht.

Bei *Syringa*, bei den *Asclepiadeen*, *Saxifrageen*, *Helleboreen*, bei *Papaver, Fumaria spicata*, *Glaux*, bei den *Caryophylleen*, *Portulacaceen* und den meisten *Chenopodien* ist es die stark entwickelte Außenwand der Epidermiszellen, welche den Schutz des Keimes übernimmt. Bei *Rumex*, *Corydalis* und den *Rutaceen* erstreckt sich die Verdickung auch noch auf die Seitenwände der Epidermiszellen; bei *Calluna*, *Gentiana*, *Erythraea* und den *Campanulaceen* sind es die Seitenwände derselben oder die innere Wand oder beide zusammen; bei *Vaccinium* und den meisten *Solaneen* sind die Zellen der einreihigen Schutzschicht becherförmig, bei *Datura*, *Nymphaea, Urtica*, *Morus*, *Lonicera* ringsum verdickt; bei *Berberis*, *Tilia*, *Cuscuta*, *Hippophaë*, *Buxus* und *Euphorbia* besteht die Schutzschicht aus einer Reihe von dickwandigen Pallisadenzellen.

Aus mehreren Lagen besteht die Schutzschicht dann zuerst bei *Ligustrum.* Es ist ein Parenchym aus schwach verdickten, zusammengepressten, Gerbstoff führenden Zellen, während das dickwandige Parenchym von *Empetrum*, *Calla*, *Hippuris*, *Nuphar* und *Viburnum* schon ganz oder theilweise verholzt ist. Bei den *Dipsaceen* finden wir noch zerstreute Prosenchym-Gruppen; bei *Platanus*, *Scleranthus*, den *Cyperaceen* und vielen *Ranunculeen* eine zusammenhängende Hartschicht aus prosenchymatischen, bei *Cornus* und den *Coniferen* aus kürzeren, dickwandigen Zellen bestehend. *Rhamnus* enthält mehrere von einander getrennte Schichten prosenchymatischer Zellen. Bei einigen *Viola*-Arten ist die aus langen verholzten Zellen bestehende Hartschicht noch von einer Reihe etwas verdickter Zellen überlagert. Bei *Chelidonium* und den verwandten *Papaveraceen* fanden wir eine mächtig entwickelte Außenwand der Epidermis und unter dieser eine Schicht dickwandiger, zahlreiche Kalkkrystalle enthaltender Zellen. *Canna* und *Vitis* zeigen mehrere über einander liegende Schichten stark verdickter Zellen; *Ilex* und *Elaeagnus* eine aus Gruppen verschiedenartiger Zellen zusammengesetzte Schale; *Paeonia* und *Sambucus* drei verschiedene über einander liegende Schichten. Bei den *Gramineen* übernehmen außer einigen

etwas dickwandigen Schichten des Pericarps fast durchgängig die meist verkieselten Spelzen den Schutz.

Bei sämmtlichen hier besprochenen Pflanzen findet sich ein deutliches Endosperm, nur *Canna* und die *Nymphaeaceen* haben Perisperm. Das Eiweiß besteht bei den meisten aus zartwandigen Zellen, welche Protein-Substanzen, Öl oder Stärke enthalten. Bei einigen Pflanzen, z. B. *Empetrum* und *Campanula* ist die Außenwand desselben ziemlich stark, bei einigen anderen sind auch die Zwischenwände etwas stärker entwickelt, z. B. *Cuscuta*, die *Caprifoliaceen* und *Helleboreen*.

Auffallend dabei ist eine Thatsache in Bezug auf das Vorkommen von Stärke d. h. in größerer Menge, in dem Eiweißkörper. Dieselbe findet sich besonders bei den Pflanzen, deren Keim gar nicht oder nur theilweise vom Eiweiß umschlossen ist. Der Keim liegt nämlich in einer Vertiefung des Eiweißkörpers bei Canna und den Nymphaeaceen, er ist lateral bei Gramineen, Cyperaceen, sowie ziemlich lateral bei den Juncaceen, und er ist ganz oder theilweise peripherisch bei Glaux, Cuscuta, Phytolacca, Scleranthus, den Caryophylleen, Portulacaceen, Polygoneen und Chenopodien. Nur bei Typha und Armeria umgiebt das allerdings nur schwach entwickelte Eiweiß den Keim. Außer den Genannten besitzen überhaupt nur noch Arum, Helianthemum und Drosera einen größeren Stärkegehalt. Bei *Arum* sind die äußeren Schichten des Eiweißkörpers, welche aus dickwandigen Zellen bestehen und als Schutzschicht des Keimes fungiren, stärkefrei, und nur die inneren, neben dem Keim liegenden, zartwandigen Schichten führen Stärke. Bei *Helianthemum* haben wir es schon mit halbveränderter Stärke zu thun und bei *Drosera* liegt der Keim ähnlich wie bei Juncus ganz an dem einen Ende des länglichen Eiweißkörpers, sodass sich diese drei Ausnahmen eigentlich auch den oben erwähnten Pflanzen anschließen. Besonders interessant in dieser Beziehung ist *Glaux*. Während bei den übrigen Primulaceen das aus dickwandigen Zellen bestehende, stärkefreie Eiweiß den Schutz des Keimes übernimmt, indem es ihn umgiebt, geschieht dies bei *Glaux* durch die starke Außenwand der Epidermis. Der gebogene Keim liegt hier nicht im Eiweiß, sondern an der Seite desselben, und dieses besteht aus zartwandigen dicht mit Stärke angefüllten Zellen.

Welche Beziehung zwischen der Lage des Keimes und dem reichlichen Vorkommen von Stärke in dem Eiweiß besteht, vermag ich nicht zu sagen; ich wollte hier nur auf die Thatsache aufmerksam machen. Wahrscheinlich wird dadurch bei diesen Samen, welche ja meistens sehr schnell keimen, die Ernährung des Keimlings erleichtert, da Stärke schneller in eine lösliche Form übergeführt werden kann als Fett oder gar die in die Membran aufgespeicherten Reservestoffe.

5. Gruppe.

Schützende Elemente in der Schale vorhanden. Eiweiss dickwandig.

Schon unter den bisher besprochenen Pflanzen, deren Keim durch die Schale geschützt ist, fanden wir einige, bei welchen sich das Eiweiß durch stärkere Zwischenwände oder eine mächtigere Außenwand auszeichnete. So einige Umbelliferen und Helleboreen, dann Cuscuta und Campanula.

Bei den folgenden Pflanzen ist dieser doppelte Schutz — durch Samenschale und dickwandiges Eiweiß — besonders deutlich ausgesprochen.

Ribes. Unter einer mehrreihigen Schicht zarter, gallertartiger Zellen liegt eine Reihe becherförmig verdickter Zellen und unter dieser eine Lage etwas verdickter, braun gefärbter Zellen. Die Wände der Eiweißzellen sind etwa 8 mik., die Außenwand aber bei *R. Grossularia* z. B. bis 20 mik. stark, während die andern Arten nicht ganz so starke Wände zeigen.

Evonymus. Die eigentliche Samenschale besteht aus einer Epidermis mit starker Außenwand, einem zarten Parenchym und der an das Eiweiß grenzenden Schutzschicht, deren Zellen porös verdickte radiale Wände haben. Die Eiweißwände sind 5 bis 6 mik. stark.

Helianthemum. Die Epidermis ist eigenthümlich gebaut. Die Zellen quellen im Wasser zu einer Gallertmasse auf. Sie enthalten große Körner, welche aus theilweise veränderter Stärke bestehen. Dieselben quellen nämlich schon mit Wasser etwas auf und färben sich mit Jod nur langsam schwach blau. Darunter liegt eine Reihe von Pallisadenzellen, welche unten etwas unregelmäßig verbogen sind, nach oben aber in mehrere Zacken auslaufen, welche in einander greifen. Das Lumen ist sehr eng. Unter der Pallisadenschicht liegen noch mehrere Reihen zartwandiger, meist zusammengedrückter Zellen. Das Eiweiß besteht aus unregelmäßigen, starkwandigen Zellen, welche großkörnige Stärke enthalten. Mit Kali quellen die Zellen der Epidermis, der Hartschicht und des Eiweißes bedeutend auf. **Cistus** ist ähnlich gebaut.

Tamus. Unter der Epidermis liegt ein zusammengefallenes, braunes Gewebe, dessen innerste Schicht starke Innenwände besitzt und in jeder Zelle einen Krystall enthält. Darunter liegt die Schutzschicht aus langen, stark verdickten, sehr porösen Zellen, welche auf dem Querschnitte wie Pallisadenzellen erscheinen, da sie auch in radialer Richtung ziemlich gestreckt sind. Die primäre Membran derselben enthält Gerbstoff. Die farblose Verdickungsmasse quillt mit Kali auf. Das Eiweiß ist sehr dickwandig, ähnlich dem von Asperula.

Asarum. Die Samenschale besteht aus vier Schichten. Außen haben wir zuerst die Epidermis aus isodiametrischen Zellen mit stark verdickten Innenwänden und je einem Kalkkrystall in dem Lumen, über welchen

sich die zarte Außenwand hinwegwölbt. Es sind daher die Krystalle, welche das feinwarzige Aussehen der Samen verursachen. Unter der Epidermis befindet sich eine Reihe längs verlaufender, dann eine Reihe quer verlaufender Prosenchymfasern und innen eine Lage farbloser, zartwandiger, lang gestreckter Parenchymzellen. Die Wände der Eiweißzellen sind etwa 4 mik. stark.

Aristolochia Sipho ist ganz ebenso gebaut, nur dass die innerste Schicht mehrreihig ist.

A. Clematitis weicht bedeutend ab, auch im äußern Bau. Der Same zeigt auf der einen Seite eine Schicht schwammigen, dem bloßen Auge wie Kork erscheinenden Gewebes, welches aus großen, netzfasrig verdickten, sehr porösen Zellen besteht und jedenfalls für die Verbreitung der Samen von Vortheil ist. Mehrere Reihen solcher Zellen überziehen den ganzen Samen, dessen Schale sonst keine dickwandigen Elemente enthält. Das Eiweiß ist ein wenig dickwandiger als dasjenige von Asarum.

Übersicht.

Nur wenige Pflanzen sind es, die den Schutz, welchen ihre Samen durch eine starke Schale erhalten, noch durch dickwandiges Eiweiß erhöhen. In Bezug auf den Bau der Schutzschicht würde sich *Ribes* mit Vaccinium (Fig. 12), *Evonymus* mit Campanula, *Tamus* mit Reseda vergleichen lassen, während *Helianthemum*, *Asarum* und *Aristolochia* neue Formen zeigen. Wenn die Wände der Eiweißzellen auch nicht so stark verdickt sind, wie bei den Samen der Pflanzen, welche, wie z. B. *Colchicum* oder *Polygonatum* (Fig. 2) allein auf den Schutz des Eiweißkörpers angewiesen sind, so erreichen sie doch immerhin eine beträchtliche Dicke und *Ribes Grossularia* z. B. zeigt sogar eine eben so starke Außenwand desselben wie viele Pflanzen der zweiten Gruppe.

B. Allgemeiner Theil.

Die mannigfachen Ausrüstungen zur Verbreitung, welche wir an den Samen und Früchten vieler Pflanzen finden, sind von Hildebrand (15) ziemlich eingehend geschildert worden, indem er diese Einrichtungen zugleich zum größten Theile als Resultate der Anpassung erklärte, welche die Pflanzen sich im Kampfe um's Dasein erworben haben. So vortheilhaft nun auch ein gutes Verbreitungsmittel für eine Pflanze sein mag, so ist dies doch nur unter der Voraussetzung der Fall, dass der Same während der Dauer der Verbreitung auch den schädlichen Einflüssen, welchen er dabei ausgesetzt ist, genügend widerstehen und seine Keimfähigkeit bewahren kann.

Dass bei weitem die meisten Samen einen solchen Schutz ihres Keimes besitzen, geht aus dem speciellen Theile dieser Arbeit hervor, zugleich

aber auch, dass für diesen Zweck sehr verschiedenartige Mittel in Anwendung kommen. Was zuerst die hauptsächlichsten dabei beobachteten Zellformen betrifft, so fanden wir:

Eine starke, meist geschichtete Aussenwand der Epidermiszellen besonders bei den Helleboreen, Papaveraceen, Fumariaceen, Rutaceen, Saxifrageen, Crassulaceen, Caryophylleen, Portulacaceen und Chenopodien, wobei noch zu beachten ist, dass bei vielen von diesen Pflanzen die Epidermiszellen ähnlich denen vieler Blätter wellige oder gezackte Umrisse zeigen.

Ein mehrschichtiges Parenchym, dessen Zellen zwar dickwandig, aber noch biegsam sind, also ein lederartiges Gewebe bilden, besonders bei Aesculus, Fagus und Castanea.

Parenchymatische Zellen, an welchen nur die Innenwand verdickt ist, bei Erythraea; solche, wo nur die radialen Wände verdickt sind bei Gentiana cruciata und Calluna. Eben so verdickte, aber lang gestreckte Zellen bei den Campanulaceen.

Becherförmige bei Vaccinium, Ribes, Gentiana asclepiadea, den Cruciferen und vielen Solaneen.

Parenchymatische, ringsum verdickte, aber nicht verholzte Zellen — die Verdickungsmasse quillt mit Kali auf — besonders bei Sorbus, Empetrum, Geranium, Paeonia und Viburnum.

Verholztes Parenchym in einfacher Schicht bei den Labiaten.

Verholztes parenchymatisches Gewebe bei Najas, Potamogeton, Calla, Hippuris und Menyanthes.

Lang gestreckte, verholzte Parenchymzellen bei Viola, Reseda und Linum.

Radial gestreckte, also pallisadenförmige Zellen

a. mit etwas stärkerer Außenwand bei Berberis,

b. mit sehr starker Außenwand bei Phytolacca,

c. an der Seite und außen verdickt bei Hippophaë, Daphne und Buxus,

d. ringsum verdickt, mit engem Lumen bei Euphorbia, Rhus, Canna, Tilia, Malva und den Papilionaceen.

Kurz säulenförmige, oben und unten verzweigte Zellen bei den Cucurbitaceen, bei Datura und Hypericum.

Sklerenchymatische, etwas gestreckte Zellen bei den Corneen, Amygdaleen, Pomaceen, bei Rosa, Olea, Vitis, bei den meisten Coniferen und mehreren Cupuliferen.

Prosenchymatische Zellen, deren Verdickungsschichten mit Kali aufquellen bei den Plumbagineen, Dipsaceen, Clematideen, bei Trapa und Elaeagnus.

Verholztes Prosenchym, theils in Bündeln, theils in zusammenhängender Schicht bei Ranunculus, Rhamnus, Fraxinus, Platanus, bei vielen Rosaceen, Umbelliferen, Compositen und Cyperaceen.

An diese Zellformen, welche in den Samen- und Fruchtschalen vorkommen, schließen sich noch diejenigen an, in welchen das Eiweiß auf-

tritt, sobald es allein oder in Verbindung mit der Samenschale den Schutz übernimmt. Dasselbe kennzeichnet sich dann äußerlich schon durch seine hornige oder knochenharte Beschaffenheit, wofür wir in Phytelephas gigantea und Phoenix dactylifera die bekanntesten Beispiele haben. Die Eiweißzellen von Phoenix z. B. sind etwas lang gestreckt, sehr dickwandig (12—15 mik.) und von zahlreichen einfachen Porenkanälen durchzogen. Ein ähnliches Bild liefert das Eiweiß von Colchicum, Cyclamen und vielen Irideen, wo es manchmal noch bedeutend stärkere Wände zeigt (bis zu 25 mik.). Etwas schwächere aber sehr poröse Wände besitzen einige Smilaceen, z. B. Polygonatum (Fig. 2). Bei Lathraea erscheinen die Zellwände auf dem Querschnitte wie Perlschnüre und bieten ein ähnliches Bild wie das Eiweiß von Coffea (3). Die Zellen sind mehr collenchymartig verdickt, d. h. sie haben ein abgerundetes Lumen, sodass die Ecken stärker verdickt sind als die Zwischenwände, während eigentliche Poren fehlen, bei Paris; sie sind regelmäßig verdickt, aber nicht porös bei Viscum, Ribes, Evonymus und Hedera; sie sind ziemlich unregelmäßig, meist verbogen, aber sehr dickwandig mit wenigen oder gar keinen Poren bei Plantago, Tamus, den Cistaceen, Rubiaceen und den meisten Primulaceen.

Das Perisperm von Canna und das Endosperm von Polygonum aviculare (41) welche in den Beschreibungen auch meist als hornig bezeichnet werden, bestehen aus zartwandigen Zellen, welche dicht von Stärkekörnern erfüllt sind.

Im Anschlusse hieran erwähne ich noch ein anderes Hilfsmittel, welches die Pflanzen zum Schutze verwenden, nämlich die Anhäufung von Kalkoxalat-Krystallen in der Samenschale bei Chelidonium, Oenothera, Asarum, Aristolochia, bei Labiaten, Cyperaceen und einigen andern; dann die Einlagerung von kohlensaurem Kalk bei Celtis und Lithospermum und die Verkieselung besonders der äußern Membranen bei Cyperaceen, Gramineen, mehreren Boragineen und Xanthium.

Versuchen wir es nun, uns einige Klarheit darüber zu verschaffen, ob all diese verschiedenen Zellformen auch verschiedenen Zwecken entsprechen, so werden wir bei der großen Mannigfaltigkeit derselben — und ich habe hier nur die hauptsächlichsten Formen aufgeführt, zwischen denen es noch zahlreiche Übergänge giebt — bald einsehen, dass dies bei allen oder nur den meisten nicht gut möglich sein wird. Es rührt dies zum Theil daher, dass selbst die Schichten der Samenschale, welchen wir bisher als hauptsächlichste Function den Schutz des Keimes zugesprochen haben, häufig auch noch Nebenfunctionen haben können z. B. bei der Keimung des Samens. Dann aber ist auch unsere Kenntniss von dem Verhalten der einzelnen Schichten unter den verschiedenen Verhältnissen, denen die Samen ausgesetzt werden, trotz verschiedener Versuche (18) immer noch eine viel zu geringe, um eine umfassende Übersicht über diesen Punkt geben zu können. Dennoch glaube ich wenigstens einige Beziehungen

zwischen den in der Schutzschicht verwendeten Zellformen und den Bedingungen, welchen der Same auf seiner Wanderung ausgesetzt ist, nachweisen zu können.

Überblicken wir zuerst die Reihe der Samen, welche direct von der Pflanze, sei es beim Aufspringen der Kapsel, sei es infolge der Erschütterung durch den Wind ausgestreut werden, so finden wir, dass bei weitem die meisten dieser Samen ihren Schutz in der Epidermis und zwar in der dicken Außenwand derselben besitzen. Ich erwähne nur die Helleboreen, Papaveraceen, Fumariaceen, Rutaceen, Saxifragaceen, Crassulaceen, Caryophylleen, Portulacaceen und die meisten Chenopodien. Ein großer Theil der übrigen schützt sich durch ganz oder theilweise verdickte Pallisadenzellen, nämlich die Papilionaceen, Malvaceen, Euphorbiaceen, Cannabis, Canna und viele Polygoneen. Sklerenchym finden wir nur bei einigen Cupuliferen; lederartiges Parenchym bei Aesculus, Castanea und Fagus; dickwandiges Parenchym bei Oenothera, Hypericum, Geraniaceen, Gentianeen, Solaneen, Labiaten, Lithospermum und vielen Cruciferen. Das Eiweiß übernimmt den hauptsächlichsten Schutz bei den meisten Primulaceen, Melanthaceen, Plantagineen, Scrofularineen und Orobanchen. Besonders zu beachten hierbei ist das fast vollständige Fehlen von prosenchymatischen Zellen und das häufige Auftreten von dickwandigem Parenchym, Pallisadenzellen oder einer starken Außenwand der Epidermis, denn alle diese Samen, wohl nur mit Ausnahme der verhältnissmäßig großen von Aesculus und den Cupuliferen, welche den Nachstellungen der Thiere mehr ausgesetzt sind, brauchen nur gegen radial wirkenden Druck, nicht aber besonders gegen Zerbrechen geschützt zu sein.

Dieser Gefahr sind nun in bedeutend höherem Maße die folgenden Samen ausgesetzt, welche Flugeinrichtungen besitzen oder sich vermöge hakiger Anhängsel besonders an Thiere anheften können. Unter diesen finden wir prosenchymatische Zellen in einfacher Lage, in zusammenhängender Schicht oder in Bündeln bei den meisten Ranunculeen, Umbelliferen, Compositen, Dipsaceen, Valerianeen, Betulaceen, Cyperaceen, Geum, Agrimonia, Fraxinus, Acer, Platanus, Alisma und Salsola. Lang gestreckte Sklerenchymzellen bei den Coniferen und etwas gestrecktes Parenchym bei den Gräsern; lederartiges Parenchym bei Syringa, Asclepias und Thuja und holziges Parenchym bei den Boragineen. Das Eiweiß übernimmt den Schutz bei Veratrum, vielen Irideen und Liliaceen. Wir sehen also hier deutlich das Vorwiegen der in mechanischer Beziehung, besonders für Zug- und Biegungsfestigkeit leistungsfähigsten Zellen, nämlich des dickwandigen Prosenchyms (Schwendener 35).

Bei den Samen oder Früchten, welche der Verbreitung durch das Wasser angepasst sind, finden wir verholztes Parenchym bei Nuphar, Nymphaea, Menyanthes, Hippuris, Calla, Sparganium, Najas und Potamogeton; prosenchymatische Elemente dagegen bei Batrachium, Trapa und

Myriophyllum. Es tritt also auch hier, wo die Gefahr des Zerbrechens fast nicht in Betracht kommt, Prosenchym nur selten auf, denn das Vorkommen desselben bei Batrachium ist bei der nahen Verwandtschaft mit Ranunculus leicht erklärlich.

Diejenigen Samen [1]) nun, welche in fleischigen oder saftigen Früchten vorkommen und daher für ihre Verbreitung auf Thiere, besonders auf Vögel angewiesen sind, zeigen eine ziemliche Mannigfaltigkeit in den verwendeten Zellformen. Besonders reichlich entwickelt finden wir Sklerenchym und zwar in der Form der bekannten Steinzellen bei den Amygdaleen, den meisten Pomaceen, Corneen, Caprifoliaceen, Rosa, Olea, Vitis, Juniperus und Taxus; dann ganz oder theilweise verdickte kurze Parenchymzellen bei Vaccinium, Ribes, Sorbus, Ligustrum, Empetrum, Morus, Celtis und vielen Solaneen. Pallisadenzellen haben wir bei Berberis, Hippophaë, Phytolacca und Daphne; dickwandiges Prosenchym bei Rhamnus, Rubus, Fragaria, Ilex und Elaeagnus. Auch Sambucus ist hierher zu rechnen, da es außer dem erwähnten Sklerenchym noch prosenchymatische Zellen enthält. Die Samen von Actaea, welche ja auch von einer saftigen Schale umgeben sind, haben wie die der verwandten Gattungen eine Epidermis mit starker Außenwand. Fast ganz ohne Schutz in der Schale, dafür aber mit dickwandigem Eiweiß versehen sind die Samen von Hedera, Arum, Viscum und die der Smilaceen.

Wir sehen also, dass der Schutz der Samen, welche mit dem Fruchtfleische in das Innere der Thiere gelangen, auf sehr verschiedene Weise erreicht wird; doch ist erst in wenigen Fällen direct durch Fütterungsversuche nachgewiesen worden, wie weit sich derselbe erstreckt. Diejenigen nämlich von De Candolle, welche zeigen, dass Getreidekörner von Vögeln zum größten Theile verdaut werden, kommen hier nicht in Betracht, denn die Samen der Gramineen sind ja gar nicht auf Verbreitung durch Vögel eingerichtet. Bei allen den Samen aber, welche von den Thieren nicht zufällig mit dem Fruchtfleische, sondern als Nahrung genossen werden, dürfen wir besondere Schutzmittel gegen die Einwirkung des Magensaftes nicht erwarten. Diese Samen sind auch meist durch geringe Größe und unscheinbare Farbe gegen die Gefahr von den Vögeln gefressen zu werden, genügend geschützt, denn einmal ausgestreut, sind sie nur schwer in den Rissen und Spalten des Erdbodens zu entdecken. Freilich giebt es eine Anzahl von Pflanzen, z. B. unsere Cerealien, deren Samen im Gegensatz zu denen der meisten übrigen Gramineen fast keine Schutzmittel besitzen, sondern im Gegentheil wegen ihrer Größe den Vögeln leicht in die Augen fallen; doch darf ich für diese wohl auf die Ansicht Darwin's verweisen, nach welcher alle diese Pflanzen in ihrer heutigen Gestalt nicht wild vorkommen oder vorgekommen sein können, son-

---

1) Siehe Anm. 2.

dern dass sie die ihnen im wilden Zustande nothwendigen bessern Schutz- und Verbreitungsmittel durch die Cultur verloren haben. Hingegen besitzen die großen Samen unzweifelhaft wild wachsender Pflanzen, z. B. die der Cupuliferen, eine harte Schale, welche sie gegen die Angriffe der meisten Thiere schützt, freilich nicht gegen alle. Bei der großen Zahl von Samen jedoch, welche die meisten Pflanzen hervorbringen, schadet es auch gar nichts, wenn ein Theil davon den Nachstellungen der Thiere zum Opfer fällt, denn wie Hildebrand (15 p. 132) sagt: »ist für den Fall, dass unter Hunderten von großen Samen nur einer zur Pflanze heranwächst, eben so viel für die Bedeckung der Erdoberfläche mit Vegetation und für die Verbreitung der betreffenden Pflanze gesorgt, als wenn von einem kleinen Gewächse Tausende von Nachkommen zur Entwicklung gelangen«. Wir wissen außerdem auch, dass sich gewisse Vögel zu Zeiten fast ausschließlich von den Samen bestimmter Pflanzen nähren, ohne dass darin eine Gefahr für das Bestehen der betreffenden Art läge. So nährt sich der Distelfink (Carduelis elegans) im Herbste nur von Distelsamen, welche er aus den reifen Köpfchen hervorholt. Die Kreuzschnäbel (Loxia) wissen mit großer Geschicklichkeit die Schuppen der Kiefern- und Tannenzapfen zu heben, die Samen hervorzuholen und aufzuknacken. Der Kernbeißer (Coccothraustes vulgaris) versteht es eben so gut, die Steinschale der Kirschkerne zu zerbeißen und die Samen zu verzehren. Man wundert sich, wenn man solch einen, doch immerhin nur kleinen Vogel bei der Arbeit sieht, über die Geschwindigkeit mit welcher er die Kerne vom Fleische befreit und aufknackt, da man doch weiß wie hart die Schale derselben ist.

Von allen diesen Samen ist nun freilich kaum anzunehmen, dass sie den Vogelleib keimfähig verlassen werden. Dennoch haben die Versuche von Koch (24), welche er mit Cuscuta-Samen anstellte, ergeben, dass selbst diese Samen, welche durchaus nicht darauf eingerichtet sind, von Vögeln gefressen und verbreitet zu werden, in vielen Fällen den Einflüssen des Magensaftes widerstanden und ihre Keimfähigkeit bewahrt haben.

Anders ist die Sache dagegen bei den Samen, welche mit dem Fruchtfleische von den Vögeln gefressen werden. Hier würde das Fehlen dieser Widerstandskraft mit dem Untergange der betreffenden Art gleich bedeutend sein. Dass eine solche Widerstandskraft aber in der That vorhanden ist, dürfen wir daher von vornherein annehmen und haben das ja auch meine Versuche mit den Samen von Sambucus ergeben, denn es zeigte sich kein Unterschied in der Keimfähigkeit der direct gesäten und derjenigen Samen, welche erst durch den Vogelleib gegangen waren.

Aus der gegebenen Zusammenstellung geht zwar hervor, dass Samen, welche bei ihrer Verbreitung ziemlich gleichen Verhältnissen ausgesetzt sind, soweit wir dies beurtheilen können, dennoch ganz verschiedene Mittel zum Schutze ihres Keimes benutzen. Im Großen und Ganzen aber können wir doch, wenn auch nicht in so umfassender Weise wie in Bezug

auf die Verbreitungsmittel selbst, auch in den Formen der Zellen, welche die Schutzschichten der Samen zusammensetzen, eine Anpassung an die bei der Verbreitung in Betracht kommenden äußern Bedingungen erkennen.

Wir sehen Prosenchymzellen besonders häufig bei den Samen, welche zum Fliegen eingerichtet sind, also auf ihrer Wanderung noch am leichtesten in Gefahr kommen können, zu zerbrechen; Schichten aus Steinzellen fast nur bei den Samen, welche den Angriffen der Thiere besonders ausgesetzt sind; Pallisaden- oder dickwandige Parenchym-Zellen bei vielen Samen, welche von Thieren mit dem Fruchtfleische gefressen, oder direct von den Pflanzen ausgestreut, oder auf dem Wasser schwimmend verbreitet werden, welche sich also eigentlich nur gegen etwaigen radialen Druck zu schützen haben. Dickwandiges Eiweiß als Schutzmittel finden wir allerdings sowohl bei einigen fliegenden, wie direct ausgestreuten als auch bei solchen Samen, welche den Vogelleib zu passiren haben, nur bei Samen, welche durch das Wasser verbreitet werden, scheint es diese Funktion nicht übernehmen zu können.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse sind:

1. Fast alle Samen sind durch die Ausbildung dickwandiger Elemente (Schutzschicht), sei es in der Samenschale, im Pericarp oder im Eiweiß gegen schädliche Einflüsse von außen geschützt.

2. Bei den wenigen Samen, welche ein solches Schutzmittel nicht besitzen, erscheint dasselbe infolge der eigenartigen Verhältnisse, unter denen sie ausgestreut werden oder keimen, nicht nothwendig.

3. Die Schutzschicht der Samen zeigt in ihrem Bau eine große Mannigfaltigkeit und zwar selbst bei nah verwandten Gattungen und Arten, sodass der anatomische Bau der Samenschale, was auch schon Lohde und Bachmann betont haben, für die Systematik nur von untergeordnetem Werthe ist. Als Gattungen, deren Arten hierin bedeutende Abweichungen zeigen, erwähne ich nur Anthemis, Acer, Viola, Reseda, Sedum und Lonicera.

4. Auch im anatomischen Bau der Samenschale zeigt sich in den verwendeten Zellformen deutlich eine Anpassung der Pflanzen an die Verhältnisse, unter welchen die Verbreitung der Samen erfolgt, und erst in zweiter Linie kommt die Verwandtschaft dabei in Betracht. Freilich ist es uns noch lange nicht möglich überall anzugeben, welchen veränderten Bedingungen auch der veränderte Bau entspricht.

5. Die von Hegelmaier (14) bei den Caryophylleen genauer untersuchte Erscheinung, dass die äußere Membran der Epidermiszellen senkrecht zur Fläche verlaufende, dicht neben einander stehende, stäbchenförmige, differenzirte Partien (Differenzirungs-Stäbchen) zeigt, findet sich außer

bei den noch von Lohde (28) angeführten Pflanzen bei einer ganzen Reihe anderer, nämlich bei den Papaveraceen, Fumariaceen, Rutaceen, bei Aconitum, Reseda, Saxifraga, Asperula, Anthericum, Ornithogalum und wahrscheinlich noch bei vielen andern. Ist die Außenwand der Epidermiszellen geschichtet, so zeigen sich diese Stäbchen meist nur in einer der Lamellen.

Vorliegende Arbeit ist in dem unter der Leitung des Herrn Professor Schwendener stehenden botanischen Institute der Universität Berlin in der Zeit vom Sommer 1881 bis Ende des Jahres 1882 ausgeführt worden. Das Material dazu habe ich zum Theil aus Handlungen bezogen, zum Theil selbst gesammelt. Einige seltenere Samen verdanke ich der Güte des Herrn Professor Wittmack, welcher sie mir bereitwilligst aus seiner Sammlung überließ.

Ich benutze gern die Gelegenheit, um meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Schwendener, für die freundliche Unterstützung, welche er mir dabei zu Theil werden ließ, meinen verbindlichsten Dank zu sagen.

Verzeichniss der von mir benutzten Arbeiten anderer Autoren.

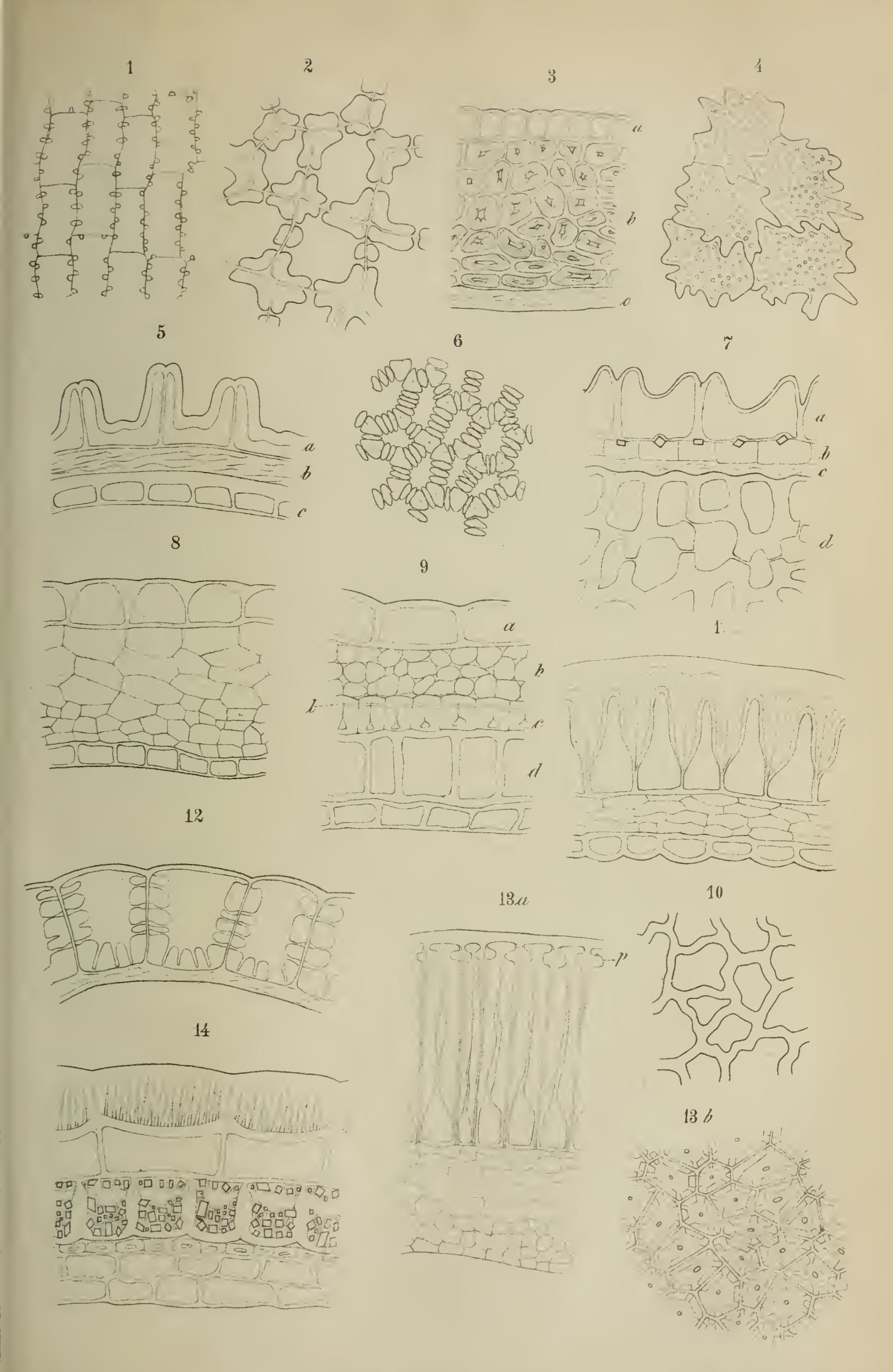
Von mehreren Arbeiten über denselben Gegenstand führe ich meist nur die zuletzt erschienene an.

1. Bachmann. Darstellung der Entwicklungsgeschichte und des Baues der Samenschale der Scrofularineen. (Halle 1881.)
2. Beck. Die Samenschale einiger Leguminosen. (Sitzgsber. d. K. K. Acad. d. Wiss. zu Wien 1878, Bd. 77, I.)
3. Berg. Anatomischer Atlas zur pharmaceutischen Waarenkunde. (Berlin 1869.)
4. Bretfeld. Verfälschungs-Diagnose bei den Kraftfuttermitteln. (Die landwirthsch. Versuchsstat. 1881.)
5. Chatin. Études sur le développement de l'ovule et de la graine dans les Scrofulariacées, les Solanacées, les Boraginées et les Labiées. (Ann. des sciences nat. sér.V, tome XIX.)
6. A. P. Decandolle. Physiologie végétale. 3 Bände. (Paris 1832.)
7. Delpino. Contribuzioni alla storia dello sviluppo del regno vegetale. I. Smilacee. (Genova 1880.)
8. Fickel. Über die Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Samenschale einiger Cucurbitaceen. (Bot. Zeitg. 1876.)
9. Frank. Über die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. (Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V.)
10. Gressner. Zur Keimungsgeschichte von Cyclamen. (Bot. Zeitg. 1874, Nr. 50.)
11. Grönlund. Forskellen mellem fröenes ydre udseende hos Pedicularis silvatica og P. palustris betragtet i forhold til deres udviklingshistorie. (Botanisk Tidsskrift Bd. IV.)
12. Haberlandt. Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. (Wien 1877.)
13. Haberlandt. Über die Entwicklungsgeschichte und den Bau der Samenschale von Phaseolus. (Sitzgsber. d. K. K. Acad. d. Wiss. zu Wien 1877, Bd. 75, I.)

14. Hegelmaier. Über Bau und Entwicklung einiger Cuticulargebilde. (Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX.)
15. Hildebrand. Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. (Leipzig 1873.)
16. v. Höhnel. Über eine eigenthümliche Verbindung des Hypoderma mit der Epidermis. (Haberland's Untersuchungen. Wien 1875, Bd. 1.)
17. v. Höhnel. Vergleichende Untersuchung der Epidermis der Gramineenspelzen und deren Beziehung zum Hypoderma. (Ebenda.)
18. v. Höhnel. Über die Quellungsfähigkeit der Leguminosensamen. (Ebenda.)
19. v. Höhnel. Bau der Samenschale der vier cultivirten Brassica-Arten. (Ebenda Bd. 2.)
20. v. Höhnel. Beitrag zur Kenntniss der Bedeutung der Kieselsäure für die Pflanze. (Ebenda, Bd. 2).
21. v. Höhnel. Welche Wärmegrade trockne Samen ertragen ohne die Keimfähigkeit einzubüßen. (Ebenda, Bd. 2).
22. v. Höhnel. Die Samenschale der Cucurbitaceen. (Sitzgsber. d. K. K. Acad. d. Wiss. zu Wien 1876, Bd. 73, I.)
23. Koch. Untersuchungen über die Entwicklung des Samens der Orobanchen. (Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XI.)
24. Koch. Die Klee- und Flachsseide. (Heidelberg 1880.)
25. Kraus. Über den Bau trockner Pericarpien. (Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. V.)
26. Kudelka. Über die Entwicklung und den Bau der Frucht- und Samenschale unserer Cerealien. (Landw. Jahrb. von Nathusius u. Thiel, Berlin 1875.)
27. Lohde. Über die Fntwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen. (Dissert. Naumburg 1874.)
28. Lohde. Über die Samenschale der Gattung Portulaca. (Bot. Zeitg. 1875, Nr. 12.)
29. Magnus. Beiträge zur Kenntniss der Gattung Najas. (Berlin 1870.)
30. Nägeli. Über die aus Protein-Substanzen bestehenden Krystalloide der Paranuss. (Bot. Mittheilungen 1863, Bd. 1.)
31. Nobbe. Handbuch der Samenkunde. (Berlin 1876.)
32. Rohrbach. Über die europäischen Arten der Gattung Typha. (Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. 1869.)
33. Russow. Vergleichende Untersuchungen betreffend die Histologie etc. der Leitbündel-Kryptogamen. (Mémoires de l'acad. imp. d. sciences de St. Pétersbourg. 1873. VII série tome XIX.)
34. Schacht. Physiologie der Gewächse. Bd. 2.
35. Schwendener. Das mechanische Princip im Bau der Monocotylen. (Leipzig 1874.)
36. Sempolowski. Über den Bau landwirthschaftlich wichtiger Samen. (Landw. Jahrbücher v. Nathusius u. Thiel, Berlin 1874.)
37. Strandmark. Bidrag till kännedomen om fröskalets byggnad. (Dissertation. Lund 1874.)
38. Wartmann. Keimungsversuche mit Kastanien, welche eine Kälte von —110° ertragen hatten. (Der Naturforscher 1881.)
39. Wichura. Über das Blühen, Keimen und Fruchttragen der einheimischen Bäume und Sträucher. (Flora 1857.)
40. Winkler. Kleinere morphologische Mittheilungen. (Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XVIII.)
41. Wittmack. Die Gras- und Kleesamen. (Berlin 1873.)
42. Zöbl. Wie lange behalten die Pflanzensamen im Wasser ihre Keimfähigkeit? (Haberland's Untersuchungen 1875, Bd. 1.)

Verzeichniss der untersuchten und in vorliegender Arbeit berücksichtigten Pflanzen.

Da, wo ich nur Familien- oder Gattungsnamen anführe, sind sämmtliche, oder doch die meisten der dahin gehörigen einheimischen Arten untersucht worden. Die Pflanzen, neben deren Namen Ziffern in Klammern stehen, sind vor mir schon von Andern untersucht, und nur zum geringern Theile von mir nachgeprüft worden. Die eingeklammerte Ziffer giebt die Nummer der Arbeit in dem voranstehenden Verzeichnisse an, in welcher der betreffende Same beschrieben ist.



R. Marloth, ad nat. del.
Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig.
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Erklärung der Tafel V.

Fig. 1. *Salix caprea.* Innenwand der Epidermis, von innen gesehen.
Fig. 2. *Polygonatum officinale.* Querschnitt durch das Eiweiß.
Fig. 3. *Androsace maxima.* Querschnitt. *a* Epidermis; *b* Krystall führende Schicht; *c* Lamelle aus mehreren zusammengepressten Zelllagen; *d* Eiweiß.
Fig. 4. *Sedum Aizoon.* Querschnitt. *a* Epidermis; *b* Lamelle aus zusammengedrückten Zellen; *c* Innen-Epidermis.
Fig. 5. *Hypericum perforatum.* ($^{120}/_{1}$) Zellen der Hartschicht von der Fläche gesehen.
Fig. 6. *Arachis hypogaea.* Querschnitt der Samenschale.
Fig. 7. Die Epidermiszellen derselben von der Fläche gesehen.
Fig. 8. *Sorbus aucuparia.* Querschnitt der Samenschale. *a* Epidermis; *b* lederartiges Gewebe; *c* Lamelle aus zusammengepressten Zellen.
Fig. 9. *Geranium nodosum.* Querschnitt der Samenschale. *a* Epidermis; *b* kleinzelliges Gewebe mit Intercellularräumen; *c* niedrige Pallisaden mit der Lichtlinie *l*; *d* Pallisadenzellen mit welligen Seitenwänden.
Fig. 10. Tangentialer Schnitt durch die Schicht *d*.
Fig. 11. *Aquilegia alpina.* Querschnitt der Samenschale.
Fig. 12. *Vaccinium Myrtillus.* Querschnitt der Samenschale.
Fig. 13a. *Hippophaë rhamnoides.* Querschnitt der Samenschale.
Fig. 13b. Tangentialer Schnitt bei *p*.
Fig. 14. *Chelidonium majus.* Querschnitt der Samenschale.